

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри МАХНВ

(підпис) Я.М. Корнієнко

“ ____ ” _____ 20__ р.

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності: 6.050503 «Машинобудування»,

«Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів»

**на тему: Модернізація апарату повітряного охолодження установки
вісбрекінгу**

Виконав студент IV курсу, групи ЛН-41

Турчанінов Дмитро Олегович

(підпис)

Керівник проекту канд. техн. наук, ст. викл. С.В. Гулієнко

(підпис)

Консультанти:

з охорони праці канд. техн. наук, доцент І.М. Ковтун

(підпис)

з економіки канд. техн. наук, ст. викл. Я.Г. Двойнос

(підпис)

Рецензент

(вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті
немає запозичень з праці інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____ Д.О. Турчанінов

Київ - 2018

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АБК
						12
ЗМН	АБК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

Рівень вищої освіти - перший (бакалаврський)

Спеціальність: 6.050503 Машинобудування

Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **Я.М. Корнієнко**

“ ____ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Турчанінову Дмитру Олеговичу

1. Тема проекту: Модернізація апарату повітряного охолодження установки вісбрекінгу.

керівник проекту Гулієнко С.В. кандидат технічних наук, старший викладач
затверджена наказом по університету від 21 березня 2018р. № 978-с.

2. Термін здачі студентом проекту: 31 травня 2018 р.

3. Вихідні дані до проекту: продуктивність по газойлю $G = 1,389 \text{ кг/с}$.

4. Зміст пояснювальної записки:

а) основна частина: розглянути існуючі конструкції апаратів із перемішувачами, обґрунтувати вибір конструкції апарата; проаналізувати обрану конструкцію в порівнянні з кращими вітчизняними та світовими аналогами; здійснити розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції: параметричний, конструктивний та гідравлічний, розрахунки на міцність і надійність елементів конструкції апарату; виконати складальне креслення реактора та його основних складальних одиниць і деталей; розробити рекомендації щодо монтажу та експлуатації реактора; здійснити оцінку рівня стандартизації та уніфікації розробки.

					ЛН41.065342.001 ПЗ	Арк
						13
ЗМН	АРК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

б) економічна частина: обґрунтувати модернізацію установки та оцінити її ефективність;

в) охорона праці: провести аналіз відповідності апарата до вимог охорони праці, викласти основні вимоги безпечної експлуатації апарата;

г) рекомендації щодо монтажу та експлуатації: надати рекомендації щодо монтажу та експлуатації реактора.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначення обов'язкових креслеників, плакатів, презентації тощо): принципова схема установки – А1, складальні креслення:холодильник повітряний– А1; трубчатка – А1; кришка апарата – А2; дифузор – А2; ілюстрація до технічної ідеї патенту –А3.

6. Консультанти розділів проекту:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Ковтун І. М.		
Очікувані техніко- економічні показники застосування установки	Двойнос Я.Г.		

7. Дата видачі завдання:“ ____ ” _____20__р.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

ДО ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності: 6.050503 «Машинобудування»,

«Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів»

**на тему: Модернізація апарату повітряного охолодження установки
вісбрекінгу**

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АБК
						15
ЗМН	АБК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

Київ – 2018

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	2	3	4
1	Узгодження теми, вихідних даних, визначення джерел інформації. Обґрунтування актуальності проекту.	05.02.19	
2	Патентне дослідження. Формування змісту модернізації (на основі зміни технологічної схеми, конструкції апарату, його елементів, речовин).	06.02.19	
3	Оформлення та подання заявки на корисну модель	14.02.19	
4	Опис установки. Схема установки. Вибір і опис конструкції випарного апарата. Технічна характеристика установки, апарата. Добір матеріалів.	15.02.19	
5	Параметричний розрахунок: визначення основних розмірів апарата. Розрахунок гідравлічного опору апарату.	01.03.19	
6	Розробка складальних креслень апарату і його складальних одиниць. Добір конструктивних параметрів конструктивних елементів апарата	15.03.19	
7	Розрахунки на міцність. Розробка алгоритмів та програм розрахунку.	12.04.19	
8	Уточнення графічної частини проекту та специфікацій.	05.04.19	
9	Обґрунтування економічної доцільності модернізації.	19.04.19	
10	Розробка вимог до апарата з питань охорони праці.	26.04.19	

1	2	3	4
11	Оформлення пояснювальної записки. Перевірка відповідності проекту діючим нормам за змістом і оформленням. Підготовка до захисту. Складення плану викладення доповіді, окремих питань.	10.05.19	
12	Попередній захист проекту.	17.05.19	
13	Корегування проекту за результатами попереднього захисту. Отримання рецензії, відзиву. Підготовка до захисту.	31.05.19	

Студент

_____ Д.О. Турчанінов
(підпис)

Керівник дипломного проекту

_____ С.В. Гулієнко
(підпис)

					ЛН41.065342.001 ПЗ	Арк
						17
ЗМН	Арк	№ докum.	Підпис	Дат		

РЕФЕРАТ

УДК 66.045.5

Дипломний проект освітньо-кваліфікаційного рівня “Бакалавр” на тему
“ Апарат повітряного охолодження установки брекінгу ” / КПІ ім.Ігоря
Сікорського; Керівник С.В.Гулієнко. – К., 2018. – 130 с.: 15 іл. – Викон.Д.О.
Турчанінов. – Бібліогр.: 130 с.

Дипломний проект освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» включає
розрахунково-пояснювальну записку, що складається з вступу, восьми розділів,
висновку, переліку посилань з 17 найменувань і 4 додатків. Загальний обсяг
записки становить 135 сторінки основного тексту, 18 рисунків і 8 таблиць?

Метою проекту є проектування і розробка конструкції холодильника
призначеного для охолодження пропану продуктивністю 10 кг/с.

Поставлена мета досягається шляхом аналітичного визначення поверхні
теплообміну, виконанням гідравлічного розрахунку та розрахунків на міцність
основних вузлів та деталей конструкції. Для розрахунку фланцевого з’єднання
наведені алгоритмічна схема, таблиця ідентифікаторів, та програма, виконана в
програмі Mathcad. Виконано аналіз результатів та зроблено висновки.

Розрахунково-пояснювальна записка містить опис технологічної схеми
установки вісбрекінгу та опис конструкції повітряного холодильника. Графічна
частина проекту включає чотири креслення формату А1, що містять: технологічну
схему установки вісбрекінгу, складальне креслення холодильника та креслення
складальних одиниць та деталей.

ТЕПЛООБМІННИК, ПОВЕРХНЯ ТЕПЛООБМІНУ, ОХОЛОДЖЕННЯ,
ПОВІТРЯ, ОРЕБРЕННІ ТРУБИ.

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АБК
						18
ЗМН	АБК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

РЕФЕРАТ

УДК 66.045.5

Дипломный проект образовательно-квалификационного уровня "Бакалавр" на тему "Аппарат воздушного охлаждения висбрекинг установки " / КПИ им. Игоря Сикорского; Руководитель С.В. Гулиенко. - К., 2011. - 130 с.: 15 ил. – Выполн. Д.О. Турчанинов. – Библиогр.: 130 с.

Дипломный проект образовательно-квалификационного уровня «Бакалавр» включает расчетно-пояснительную записку, которая состоит из введения, шести разделов, выводов, перечня ссылок из 17 наименований и 4 приложений. Общий объем записки составляет 135 страниц основного текста, 18 рисунков и 8 таблиц.

Целью проекта является проектирование и разработка конструкции теплообменника предназначенного для охлаждения пропана продуктивностью 10 кг/с.

Поставленная цель достигается путем аналитического определения поверхности теплообмена, выполнением гидравлического расчетов, а также проведением расчетов на прочность основных узлов и деталей конструкции. Для расчета толщины крышки аппарата приведены алгоритмическая схема, таблица идентификаторов и программа, выполненная в программе Mathcad 15. Выполнен анализ результатов и сделаны выводы.

Расчетно-пояснительная записка содержит описание технологической схемы висбрекинг установки и описание конструкции воздушного холодильника. Графическая часть проекта включает четыре чертежа формата А1, содержащие технологическую схему висбрекинг установки конденсационно-компрессионного типа, сборочный чертеж теплообменника и чертежи сборочных единиц и деталей.

ТЕПЛООБМЕННИК, ПОВЕРХНОСТЬ ТЕПЛООБМЕНА, ОХЛАЖДЕНИЯ, ВОЗДУХ, РЕБРЕННЫЕ ТРУБКИ.

					ЛН41.065342.001 ПЗ	Адж
						19
ЗМН	Адж	№ доквм.	Підпис	Дат		

The Bachelor Diploma project " Modernization of the air cooling apparatus of the visbreaking plant" / National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute "; Scientific supervisor: S.V. Gulienko - K.: 2018 - 130 p.: il. - Developer: D.O. Turchaninov.- Bibliography: 130 p.

Degree project educational and qualification "Bachelor" includes a calculation-explanatory note which consists of the introduction, six sections, conclusions, list of references of 17 names and 4 appendices. The total content of a note covers 135 pages of the basic text, 18 figures and 8 tables.

The purpose of the project is designing and development of air cooler for cooling propane with productivity of 10 kg/s.

The assigned aim is attained by analytical definition of a heat exchange surface, performance of hydraulic calculations, and also by carrying out of calculations on durability of the reference nodes and details of a design. Algorithmic schemes, table of identifiers and program are resulted for calculation of lid. The program is executed on Mathcad 15. The analysis of given is resulted and conclusions are designed.

A calculation-explanatory note contains the description of the technological scheme visbreaking installation.. The graphic part of the project includes four drawings of format A1, containing the technological scheme of technological scheme visbreaking installation., an assembly drawing heat exchanger and drawings of assembly units and details.

HEAT EXCHANGER, HEAT-EXCHANGER SURFACE, COOLING, AIR, RIB PIPS.

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів

Умовні позначення:

h – висота, м;

D, d – діаметри, м;

δ – товщина, м;

f – площа поперечного перерізу, м²;

G – масова витрата, кг/с;

χ – концентрація, % (мас.);

Q – теплове навантаження, Вт;

P – тиск, Па;

T – температура, К;

r – питома теплота пароутворення, Дж/кг;

K – коефіцієнт теплопередачі, Вт/м²·К;

ρ – густина, кг/м³;

c – питома теплоємність, Дж/(кг·К);

α – коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м²·К);

μ – коефіцієнт динамічної в'язкості, Па·с;

σ – поверхневий натяг, Н/м.

Критерії:

Nu – критерій Нуссельта;

Re – критерій Рейнольдса;

Pr – критерій Прандтля.

Вступ

Нафта і газ – це основні джерела енергії в сучасному світі. На паливах, отриманих із них, працюють двигуни наземного транспорту, повітряного і водного транспорту, теплові електростанції.

Одним із таких видів палива є мазут. Мазут виготовляють з продуктів прямої перегонки нафти із застосуванням крекінг-залишків, гудрону та інших важких продуктів переробки нафти, в тому числі термічним крекінгом. Різновидом термічного крекінгу є вісбрекінг (легкий крекінг) – процес перетворення гудрону в паливо з низькою в'язкістю і температурою застигання.

Важливою складовою технологічної схеми вісбрекінгу є апарат повітряного охолодження, який призначений для охолодження газойлю, знижуючи його температуру з 108°C до 70°C.

Метою даного проекту є розрахунок апарату повітряного охолодження для інтенсифікації процесу теплообміну та досягнення найменших теплових та матеріальних витрат. В роботі необхідно описати конструкцію апарату повітряного охолодження і його основних складальних одиниць та деталей, вибрати матеріали для його виготовлення, порівняти основні показники розробленої конструкції з аналогами, провести патентні дослідження та навести заходи по охороні праці, виконати необхідні розрахунки, що підтверджують його роботу здатність. Надати рекомендації, щодо монтажу та експлуатації, та визначити рівень стандартизації, та уніфікації холодильника. Виконати техніко-економічне обґрунтування модернізації апарата, виконати необхідні креслення, що відображають конструкцію апарата, його складових частин та деталей.

Завдання на проектування одержане під час проходження виробничої практики 5 лютого 2018 р.

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АБК
						22
ЗМН	АБК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

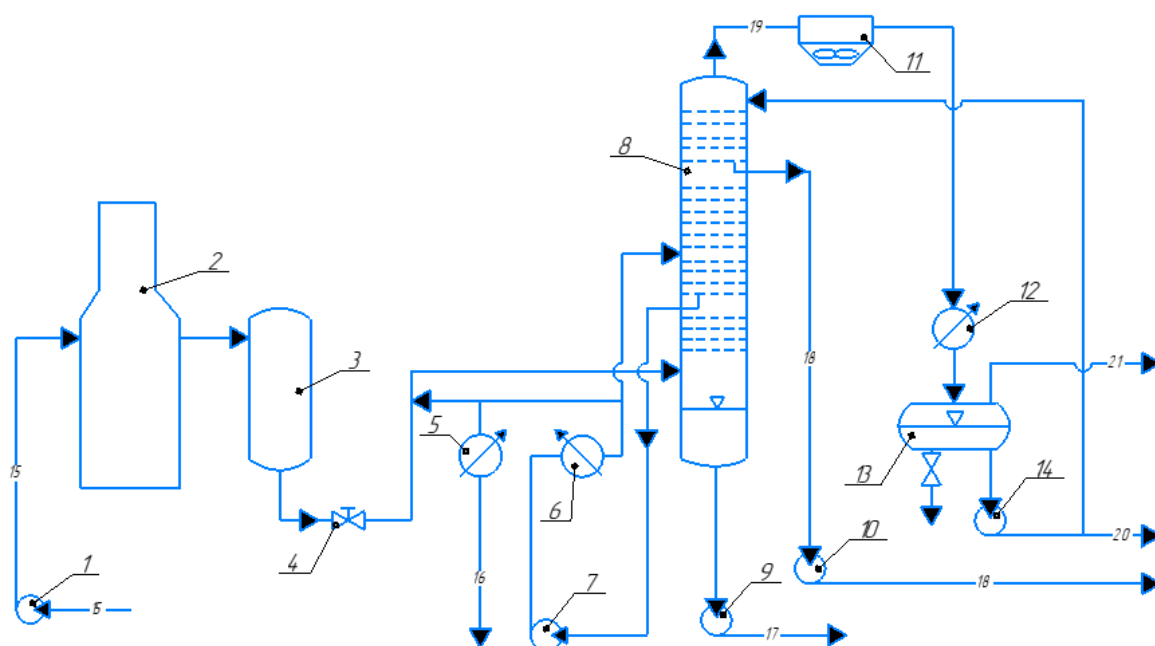
1 Призначення та область використання

1.1 Опис технологічного процесу

Відповідно до [1] установка вісбрекінгу з вакуумним блоком призначена для зниження в'язкості сировини – гудрону з установок вакуумної перегонки за рахунок процесу термічного крекінгу в м'яких умовах. Зниження в'язкості дозволяє зменшити кількість високоякісних дестилатів, які необхідно добавляти до вісбрекінг – залишку для отримання товарного продукту – мазуту М 100.

Крім того за допомогою установки вісбрекінгу виробляють легкий і важкий вакуумний газойль – сировина установки каталітичного крекінгу.

Схема технологічного процесу наведена на рисунку 1.1.



1,7,9,10,14 – насоси; 2 – трубчатa піч; 4 – редукційний клапан; 5 – холодильник; 6 – теплообмінник; 8 – фракційна колона; 11 – апарат повітряного охолодження; 12 – водяний холодильник; 13 – сепаратор.

Рисункок 1.1–Технологічна схема вісбрекінг-установки

Гарячий мазут, який подається з нафтоперегонної установки насосом 1 в змійовик печі 2. При виході з печі сировина піддається вісбрекінгу в реакційній

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АДК
						23
ЗМН	АДК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

камері 3, яка працює при тиску близько 1.7 МПа. Отримана суміш продуктів проходячи редукційний клапан 4, потрапляє в фракціонуючу колону 8. До входу в колону суміш охолоджується за рахунок подачі в лінію холодного газойлю насосом 7, через теплообмінник 6. Решта охолодженого газойлю (рециркулянт) повертається тим же насосом 7 в середню зону колони 8. Балансова кількість газойлю відводиться з установки через холодильник 5.

Для конденсації бензинових парів і охолодження газів, які виходять зверху реакційної колони 8, слугує апарат повітряного охолодження 11. Після чого суміш проходить через холодильник 12. В горизонтальному сепараторі 13 жирні гази відділяються від нестабільного бензину. Частина бензину подається насосом 14 на верхню тарілку колони в якості зрошення, решта відводиться з установки. Легка керосинова фракція відбирається з колони з проміжної тарілки і насосом 10 виводиться з установки.

1.2 Вибір апарата та його місце в технологічній схемі

У зв'язку з дефіцитом прісної води, високою вартістю оборотного водопостачання, втратами та забрудненням води на хімічних, газо- і нафтопереробних виробництвах усе ширше застосовують апарати повітряного охолодження як досить ефективне та надійне теплообмінне обладнання. В апаратах повітряного охолодження як теплоносії, що віднімає тепло від охолоджуваного середовища, використовують атмосферне повітря, що надходить в зону теплообміну за рахунок природної тяги або подається примусово за допомогою вентиляторів. Застосування апаратів повітряного охолодження дозволяє розміщати їх максимально наближеними до об'єктів тепловикористання та незалежно від джерел водопостачання.

У нафтопереробній промисловості все більшого застосування знаходять повітряні холодильники і конденсатори-холодильники різних технологічних потоків.

Використання апаратів повітряного охолодження дає ряд експлуатаційних

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АБК
						24
ЗМН	АБК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

переваг, з яких найголовнішими є:

- економія охолоджуючої води і зменшення кількості стічних вод;
- значне зменшення витрат праці на очистку апарата в зв'язку з відсутністю накипу і відкладання солей;
- зменшення витрат, пов'язаних з організацією оборотного водопостачання технологічних установок.

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АБК
						25
ЗМН	АБК	№ док.м.	Підпис	Дат		

2 Технічна характеристика

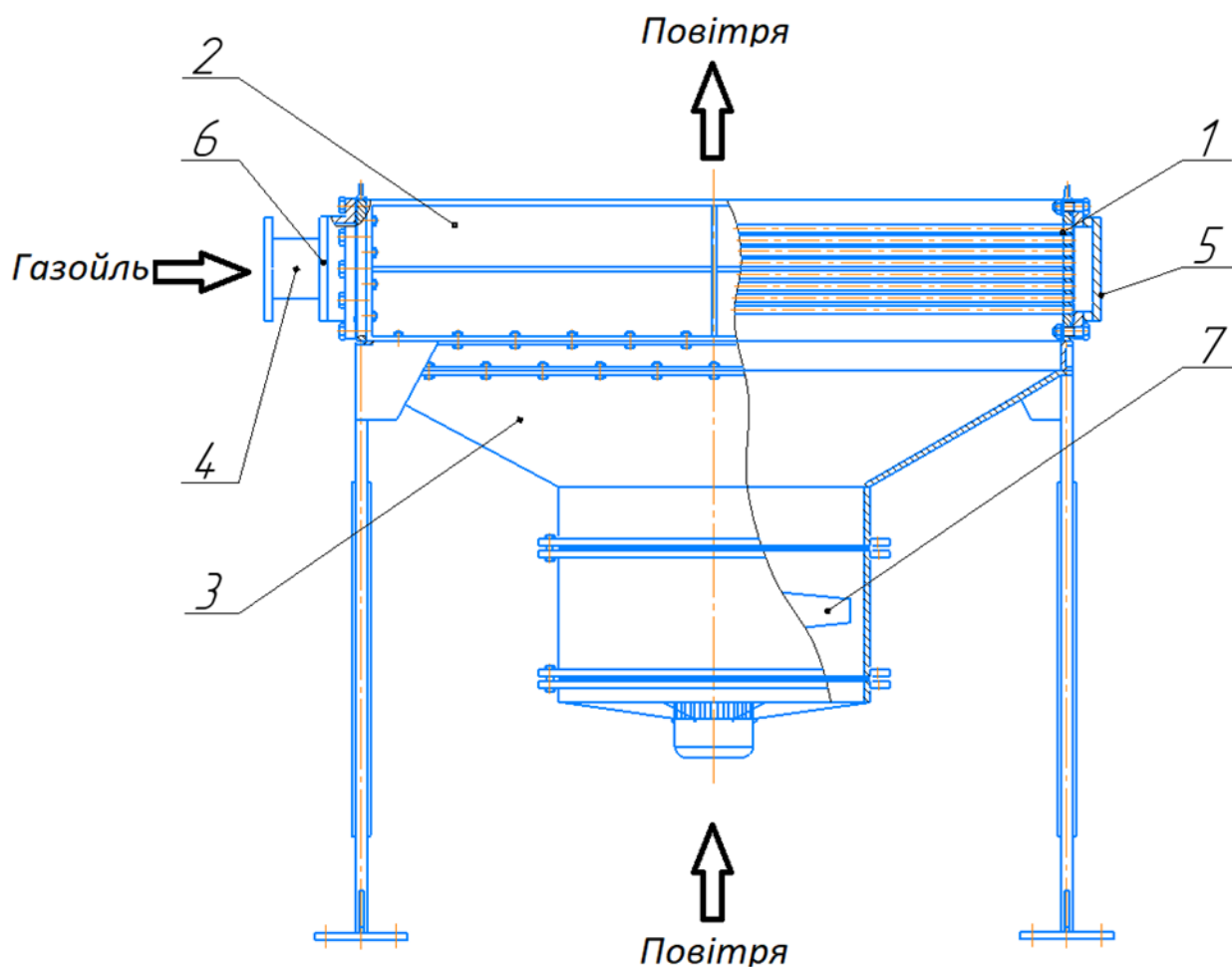
Початкова температура газойлю, К	381;
кінцева температура газойлю, К	343;
початкова температура повітря, К	293;
кінцева температура повітря, К	303;
кількість газойлю, що охолоджується, кг/с	1,389;
тиск в трубному просторі, МПа	0,6;
загальна поверхня теплообміну, м ²	537,868;
загальна кількість труб	452;
маса апарату, кг	11550;
Габаритні розміри:	
довжина, мм	4429
висота, мм	2040;
ширина, мм	4221.

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АБК
						26
ЗМН	АБК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції

3.1 Опис конструкції, основних збиральних одиниць та деталей апарата

Схема апарата, призначеного для охолодження газойлю зображена на рисунку 3.1.



1-трубочка; 2-бічна стінка; 3-дифузор; 4-штуцери;
5-розподільча камера; 6-вхідна та вихідна камери; 7-вентильатор

Рисунок 3.1 – Схема апарата повітряного охолодження

Апарат повітряного охолодження складається з теплообмінної секції, встановленої на рамі, вентильаторів 7, які прокачують потоки повітря через теплообмінник. Вентильатори встановлюються в спеціальних дифузорах 3, які призначені для підвищення ефективності та напрямку повітряного потоку.

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АБК
						27
ЗМН	АБК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

Дифузор вентилятора має циліндричну форму, всередині якої розміщений сам вентилятор.

Теплообмінна секція складається з трубчатки 1, через яку протікає газойль, і бічних кришок 5 та 6, до яких підключаються трубопроводи. Для збільшення площі поверхонь, через які відбувається передача тепла, застосовані трубки із зовнішнім оребренням, або на трубки насаджуються спеціальні пластини, які називаються ребрами.

З'єднання трубок і ребер проводиться методом дорнування, що забезпечує надійний контакт і ефективну теплопередачу. Газойль, який потрібно охолодити, подається через штуцери 4, та надходить в трубки теплообмінника. Тепло передається від рідини до трубок, а від трубок до ребер і далі до повітря, який відводить тепло від теплообмінника в навколишнє середовище.

3.2 Вибір матеріалів

Розглядуваний апарат повітряного охолодження працює під тиском на відкритому майданчику, при середній температурі найхолоднішої п'ятиденки - 35°C. Отже до матеріалу апарата, крім вимог до міцності, пластичності та зварюваності, висувається також вимога до малої чутливості до крихкого руйнування. Згідно до рекомендацій для корпусу апарата повітряного охолодження приймаємо ст3, розподільчої камери, трубних решіток та фланців приймаємо сталь 20 ГОСТ 5520-79. З цієї ж сталі доцільно виготовляти і технологічні штуцери з труб згідно. Для трубного пучка приймаємо, також сталь 20. Для технологічних штуцерів апарата повітряного охолодження доцільно застосовувати стандартні фланці для трубопровідної арматури, які згідно з рекомендаціями слід виготовляти зі Сталі 20 ГОСТ 1050-88. Для решти деталей даної конструкції, з метою зменшення номенклатури матеріалів, приймаємо Сталь 20.

					ЛН41.065342.001 ПЗ	Адж
						28
Змн	Адж	№ док-м.	Підпис	Дат		

3.3 Порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами

Порівняння основних характеристик апаратів повітряного охолодження малопоточного типу (АВМ), горизонтального типу (АВГ), та зигзагоподібні (АВЗ) представлено а таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Порівняльна характеристика апаратів[2]

Характеристика апарату	АВМ	АВГ	АВЗ
Коефіцієнт оребрення труб	9,14,6,20 (3)	9, 20 (3)	9, 20(3)
Число рядів труб в секції	4,6,8 (3)	3, 4, 5, 6(2)	4, 6 (1)
Довжина труб, м	1,5; 3,0(3)	4, 8, 12 (1)	8 (0)
Поверхня теплообміну, м ²	105-775 (1)	440-5040 (2)	480-6150 (3)
Потужність електродвигуна, кВт	3 (1)	13, 15 (2)	37, 55, 75 (3)
Сума балів	11	10	10

Виходячи з порівняльної таблиці можна зробити висновок що більш доцільно використовувати апарат повітряного охолодження АВМ, він має найбільш компактні розміри, та велику площу поверхні теплообміну, основним недоліком апаратів горизонтального та зигзагоподібного типів, є їхні великі габаритні розміри.

Висновок: в результаті порівняння конструкцій апарат повітряного охолодження малопоточного типу має найбільшу кількість балів, отже вибираємо апарат повітряного охолодження малопоточного типу (АВМ).

3.4 Патентне дослідження

Основними вимогами при конструюванні апарата повітряного охолодження є: забезпечення найбільш високого коефіцієнта теплопередачі при можливо меншому гідравлічному опорі; компактність і найменша витрата

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АДК
						29
ЗМН	АДК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

матеріалів; надійність і герметичність у поєднанні з розбірністю і доступом до поверхні теплообміну для механічного очищення її від забруднень; уніфікація вузлів і деталей; технологічність механізованого виготовлення широких рядів поверхонь теплообміну для різного діапазону робочих температур, тисків та ін.

Апарат повітряного охолодження мастила [1]. Технічний результат від використання даного винаходу полягає в збільшенні жорсткості конструкції за рахунок встановлення кутників, що підвищило щільність з'єднання зварних швів тим самим попередивши витікання мастила через них. Схему апарату повітряного охолодження мастила зображено на рисунку 3.2.

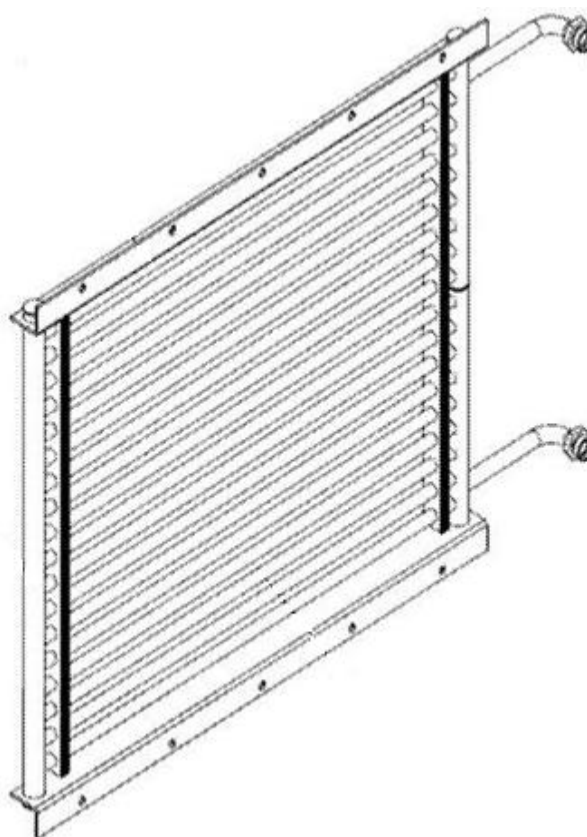


Рисунок 3.2 – Апарат повітряного охолодження мастила

Недоліком є низька продуктивність, через встановлення гладких труб площа поверхні теплообміну недостатня для забезпечення високої продуктивності апарату.

Апарат повітряного охолодження [3]. Основні конструктивні відмінності апарату повітряного охолодження полягають у тому, що теплова трубка приєднується через ущільнююче кільце, що дає змогу швидко замінити її в разі

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АДК
						30
ЗМН	АДК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

необхідності. Трубка щільно з'єднана з оребренням, що підвищує жорсткість апарату та підвищує коефіцієнт теплопровідності. Схему апарату повітряного охолодження зображено на рисунку 3.3.

Перевагами такої конструкції є підвищення теплової ефективності апарату повітряного охолодження за рахунок щільного з'єднання теплової трубки з оребренням, а також довговічність апарату, чому сприяє можливість швидкої заміни теплової трубки.

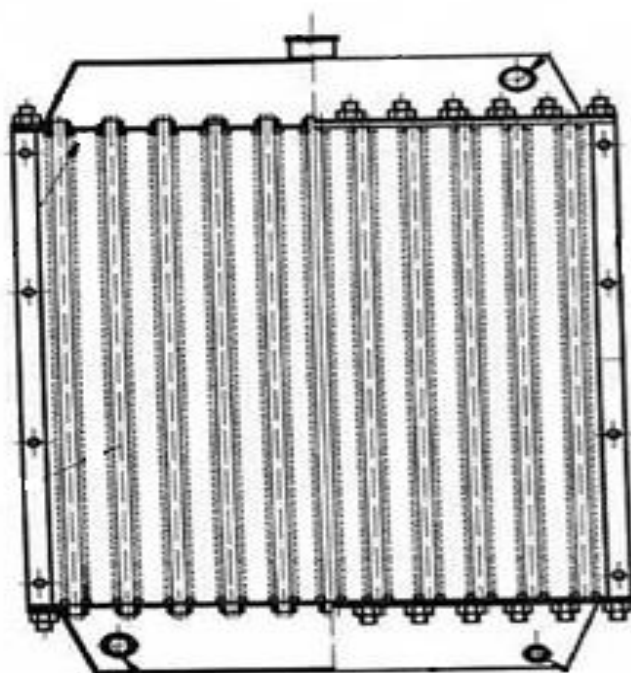


Рисунок 3.3 – Апарат повітряного охолодження

Недоліком апарату повітряного охолодження являється те, що на ребристих поверхнях теплообмінника осаджуються органічні та неорганічні частинки, які погіршують тепловіддачу у навколишнє середовище.

Апарат повітряного охолодження [4]. Технічний результат від винаходу полягає в можливості легкої та якісної очистки апарату від органічних та неорганічних частинок. Схему апарату повітряного охолодження зображено на рисунку 3.4.

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АДК
						31
ЗМН	АДК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

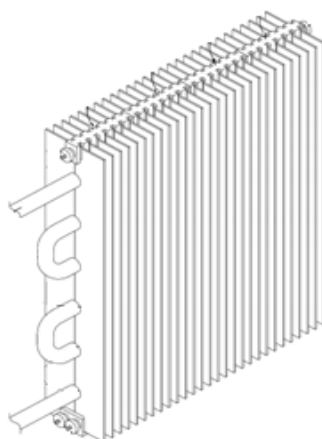


Рисунок 3.4 – Апарат повітряного охолодження

Перевагою такої конструкції є можливість легкої очистки апарату для підтримання його в задовільному стані.

Недоліком такого апарату повітряного охолодження являється недостатньо щільний контакт між тепловою трубкою та ребрами охолодження, що значною мірою зменшує коефіцієнт тепловіддачі.

Двохканальний повітряний охолоджувач [5]. Технічний результат від використання даного винаходу полягає в збільшенні теплоефективності апарату повітряного охолодження, та використання нержавіючих матеріалів. Трубки з'єднуються колекторами та мають оребрення, що сприяє хорошій тепловіддачі.

Схему двухканального апарату повітряного охолодження зображено на рисунку 3.5.

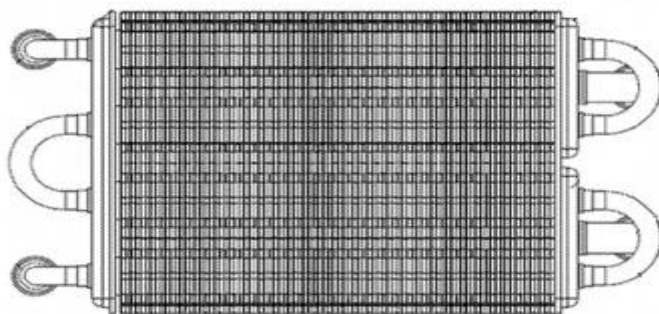


Рисунок 3.5 – Двохканальний апарат повітряного охолодження

Перевагами такого апарату є висока довговічність за рахунок використання нержавіючих матеріалів, а також висока теплоефективність.

Недоліками являються великий гідравлічний опір, та те, що на ребристих поверхнях теплообмінника осаджуються органічні та неорганічні частинки, які погіршують тепловіддачу у навколишнє середовище.

Повітряний охолоджувач [6]. Апарат призначений для відведення тепла від двигунів. Повітря проходить через охолоджуючі пластини відбираючи тепло з рідини. Схему повітряного охолоджувача зображено на рисунку 3.6.

Перевагами такої конструкції є компактність та висока ефективність охолодження.

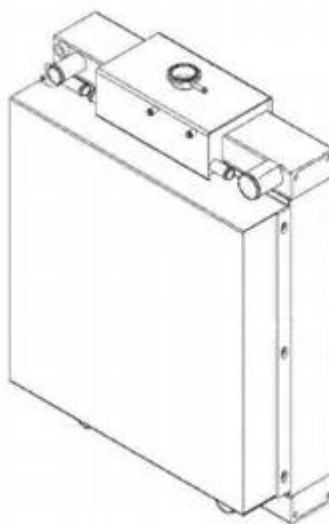


Рисунок 3.5 – Апарат повітряного охолодження

Недоліками цього апарату є складність виготовлення охолоджуючих пластин, та можливість потрапляння забруднень між пластинами та складність їх очищення.

Висновки:

У результаті проведених патентних досліджень встановлено :

1) Розробки спрямовані на патентування нових рішень та підвищення ефективності і довговічності апаратів.

2) Більшість запропонованих рішень, що забезпечують більшу ефективність призводять до збільшення металоємкості апарату, збільшенню

гідравлічних втрат, складності в зборці і обслуговуванні, що вимагає персоналу вищої кваліфікації, тому в проектованому апараті ми використали деякі ознаки класичного аналога, що дозволило спростити його конструкцію, підвищити технологічні можливості, більш ефективно використати внутрішній простір при збереженні ефективності.

Регламент патентного пошуку знаходяться в додатку А.

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АДК
						34
ЗМН	АДК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

4 Охорона праці

Тема дипломного проекту: “Апарат повітряного охолодження в процесі вісбрекінгу”.[7]

Науково-технічний прогрес ставить ряд нових проблем. Підвищення технічної оснащеності машинобудівних підприємств, застосування нових матеріалів, конструкцій і процесів, підвищення швидкостей і потужностей машин впливають на характер і частоту нещасних випадків і захворювань на виробництві. Автоматизація виробництва зменшила затрати праці на одиницю продукції, однак з'явилося ряд проблем, пов'язаних з підвищенням нервово-психічного навантаження на операторів, та ін.

Ці умови включають раціональне використання площі виробничих приміщень та місць розташування обладнання, вірну експлуатацію обладнання і організацію технологічних процесів, захист працюючих від впливу шкідливих умов праці, додержання у виробничих приміщеннях, місцях розташування обладнання та на робочих місцях санітарно-гігієнічних норм та правил.

Під час роботи холодильника повітряного мають місце такі шкідливі та небезпечні фактори:

- повітря робочої зони;
- промислове освітлення;
- небезпечна дія рухомих та обертових частин;
- системи, що знаходяться під тиском; виробничий шум;
- електробезпека;
- пожежна безпека.

Електробезпека

В апараті розміщений двигун та вентилятор, будь-який контакт з оберतालними частинами може призвести до ураження електричним струмом. На апараті передбачене заземлення.

Оскільки для роботи обладнання використовується напруга 220/380 В та

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АБК
						35
ЗМН	АБК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

частота 50 Гц, то використовують трьохфазну трьохпровідникову мережу з ізолюваною нейтраллю, оскільки вона дозволяє використовувати дві робочі напруги – лінійну та фазову. Мережа з ізолюваною нейтраллю в ізолюваному режимі є найбільш безпечною при доторканні до фазового проводу.

Міри, що забезпечують електробезпеку:

а) в робочому режимі:

– забезпечення неприступності струмоведучих частин (розміщення на неприступній висоті, більш 2,7 м, огороження зон підключення устаткування);

– надійно ізолювати елементи конструкції, що проводять електричний струм ($R_{iy} \geq 0,5$ мОм – опір ізоляції);

– кабелі укладати в «рукави»;

– встановити електричне блокування на огорожі струмоведучих частин;

– встановити орієнтацію в електроустановках (попереджувальні сигнали та знаки; написи “220 В”, ”380 В” та таблички; знаки високої напруги; відповідне розташування і колір неізолюваних струмоведучих частин і ізоляції; фарбування органів управління в інший колір і світлова ізоляція);

– обслуговуючому персоналу видати засоби захисту (діелектричні коврики, рукавички, індикатори струму та напруги);

б) в аварійному режимі : захисне заземлення. Ці заходи проведені згідно ГОСТ 12.1.030 – 86.

Пожежна безпека

Можливими причинами пожежі можуть бути: порушення технологічного процесу; паління в невстановленому місці; несправність електрообладнання та електропроводки. Згідно ОНТП 24-86 приміщення для цієї апаратури відносять до категорії В – пожежо небезпечні (горючі рідини, тверді горючі та важко горючі речовини, матеріали, здатні при взаємодії з водою, киснем повітря або одне з одним горіти) та СНиП2.01.02. – 85 клас зони П-Іа (ПУЕ), будівля відноситься до 1-го ступеня вогнестійкості.

В приміщенні встановлені димові повідомлювачі, які спрацьовують при

					ЛН41.065342.001 ПЗ	Адж
						36
Змн	Адж	№ доквм.	Підпис	Дат		

появі диму.

Першим засобом гасіння пожежі є вогнегасник, а також бочки з водою та ящики з піском.

Вогнегасники та пожежний інвентар мають червоне пофарбування, а бочки з водою та ящики з піском повинні мати ще й відповідні написи білою фарбою. Пожежний інструмент фарбується у чорний колір.

Бочки для пожежогасіння встановлюються у виробничому приміщенні. Такі бочки повинні бути укомплектовані пожежним відром місткістю не менше 8л.

Ящики для піску мають місткість 0,5; 1,0 або 3,0 м³ та повинні бути укомплектовані совковою лопатою.

Протипожежні покривала, виготовлені з негорючого теплоізоляційного полотна, грубововняної тканини або повсті, повинні мати розмір не менш як 2х1м та 2х2 м.

Повітря робочої зони

Вимоги праці на апараті забезпечено оптимальні норми температури, відносної вологості та швидкості вітру в робочій зоні:

а) для холодного та перехідного періодів температура 18...20°C, відносна вологість 40...60% та швидкість вітру не більше 0,2 м/с;

б) для теплого періоду температура 21...23°C, відносна вологість 75% та швидкість вітру не більше 0,3 м/с.

Повітря робочої зони відповідно до ДСН 3.3.6.042-99.

Вентиляція в цеху природна, організована, приточно-витяжна.

Виробничий шум та вібрація

Рівень вібрації та шуму не повинен перевищувати допустимого (ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности»; ГОСТ 12.1014-79 «ССБТ. Вибрация. Общие требования безопасности») На теплообміннику повинні бути відповідна контрольно-вимірювальна апаратура.

Небезпека опіків

Апарат працює з гарячим теплоносієм, тому контакт з поверхнею

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АБК
						37
ЗМН	АБК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

теплообміну або вхідних патрубків може призвести до опіків.

Виробниче освітлення

Для цеху висотою до 10 м, в якому знаходиться апарат, передбачено природне та штучне освітлення. Для штучного освітлення найбільш підходить точкові джерела світла (лампи ДРЛ) та газорозрядні лампи денного освітлення типу ЛД, які мають велику світлову віддачу, великий строк служби. У відповідності з нормами освітлення для даного устаткування та 4-го розряду зорових робіт нормоване значення освітлення $E_n = 200$ лк, коефіцієнт запасу $k = 1,8$.

Для освітлення використовуємо люмінесцентні лампи низького тиску:

- тип лампи ЛД 80;
- потужність 80 Вт;
- кількість 110 шт;
- світильники ПЗЛМ-Д-2х80-С.

Газорозрядні лампи високого тиску:

- тип лампи ДРЛ;
- кількість 10 шт;
- світильник РСП 05-250/Г03;
- потужність 250 Вт.

Лампи створюють світло, приблизне за яскравістю до природного. Для даного цеху також передбачено бокове освітлення (через світові отвори в стінах). Загальна освітленість складає $E_{\phi} = 250$ лк.

Небезпека дії обертових частин

В апараті розміщений двигун та вентилятор, будь-який контакт з обертальними частинами може призвести до травм або ураження електричним струмом.

Для запобігання травматизму всі небезпечні ділянки обладнані огорожами. Всі робочі площадки мають огорожу.

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АБК
						38
ЗМН	АБК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

5 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції

5.1 Параметричний розрахунок холодильника повітряного

Метою розрахунку є визначення необхідної поверхні теплообміну та вибір нормалізованої конструкції апарата, яка оптимально задовольняє заданим технологічним умовам.

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.1.

Вхідні дані:

тиск в міжтрубному просторі P_t , МПа	0,1;
тиск в трубному просторі P_m , МПа	0,6;
кількість газойлю, що охолоджується G_1 , кг/с	1,39;
початкова температура газойлю T_1' , К	381;
кінцева температура газойлю T_1'' , К	343;
початкова температура повітря T_2' , К	293;
кінцева температура повітря T_2'' , К	303.

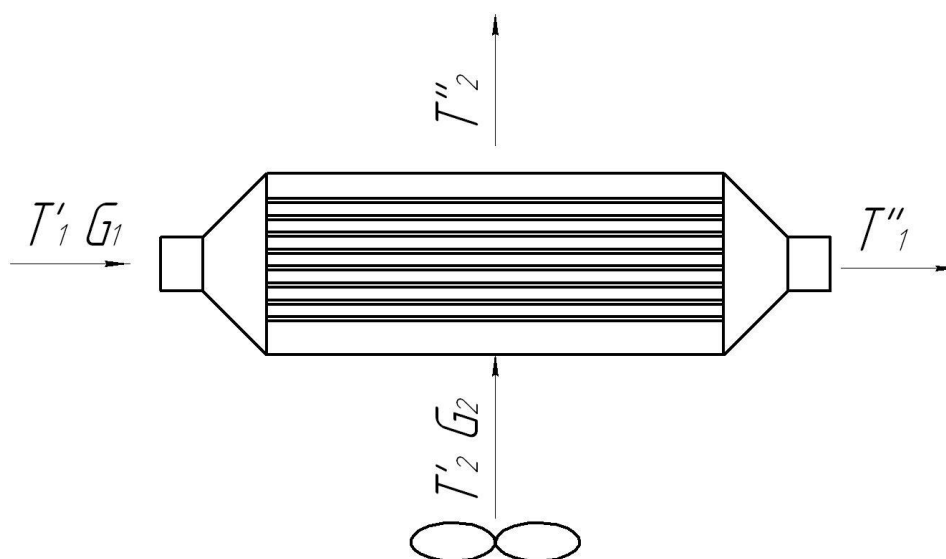


Рисунок 5.1 – Розрахункова схема секції холодильника повітряного

Методика розрахунку згідно [8].

Теплове навантаження холодильника.

Теплове навантаження визначаємо за формулою:

$$Q_1 = G_1(q_{T_1'}^p - q_{T_1''}^p) = 5000 \cdot (791.1 - 761.3) = 149.5 \cdot 10^6 \text{ кДж/год} = 149.5 \text{ кВт},$$

де Q_1 – кількість теплоти, що віднімається від газойлю в холодильнику, Вт;

$q_{T_1'}^p = q_{396}^p = 791.1 \text{ кДж/кг}$ та $q_{T_1''}^p = q_{373}^p = 761.3 \text{ кДж/кг}$ – ентальпія газойлю відповідно при температурах 381 К та 343 К.

Масові та об'ємні витрати повітря.

З рівняння теплового балансу холодильника:

$$G_1(q_{T_1'}^p - q_{T_1''}^p) = G_2(c_p^{//}T_2^{//} - c_p^{/}T_2^{/}).$$

Знайдемо:

$$G_2 = \frac{G_1(q_{T_1'}^p - q_{T_1''}^p)}{c_p^{//}T_2^{//} - c_p^{/}T_2^{/}} = \frac{Q_1}{c_p^{//}T_2^{//} - c_p^{/}T_2^{/}} = \frac{149.5}{2219 \cdot 303 - 2076 \cdot 293} = 2333 \text{ кг/год},$$

де G_2 – кількість повітря, кг/год;

$c_p^{//}$, $c_p^{/}$ – середні теплоємності повітря відповідно при його кінцевій та початковій температурах, кДж/(кг·К).

$$c_p^{/} = 2076,5 \text{ кДж} / (\text{кг} \cdot \text{К})$$

$$c_p^{//} = 2219,4 \text{ кДж} / (\text{кг} \cdot \text{К})$$

Знайдемо густину повітря при його початковій температурі з рівняння:

$$\rho_B = \frac{\rho_0 T_0}{T_2^{/}} = \frac{1,293 \cdot 273}{293} = 1,205 \text{ кг/м}^3,$$

де ρ_0 – густина повітря при нормальних умовах, $\rho_0 = 1,293 \text{ кг/м}^3$;

T_1' – початкова температура повітря, $T_2^{/} = 293 \text{ К}$;

Секундна розрахункова витрата повітря:

$$V_B = \frac{G_2}{3600 \cdot \rho_B} = \frac{2333}{3600 \cdot 1,2} = 0,538 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Для проектування апарату типа АВМ вибираємо осьовий вентилятор типа

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АБК
						40
ЗМН	АБК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

06-300N8. Число лопатей 3; частота обертання 1440 об/хв.

Коефіцієнт тепловіддачі зі сторони газойлю.

Визначимо фізичні властивості газойлю при його середній температурі в холодильнику:

$$T_{\text{cp}} = \frac{T_1' + T_1''}{2} = \frac{381 + 343}{2} = 362 \text{ К.}$$

Коефіцієнт теплопровідності:

$$\lambda_{\text{cp}} = 0.1131 \text{ Вт/(м·К).}$$

Теплоємність:

$$c_{\text{cp}} = 2147 \text{ кДж/(кг·К).}$$

Відносна густина:

$$\rho_{362}^{T_{\text{cp}}} = 808$$

Кінематичну в'язкість газойлю при $T_{\text{cp}} = 362 \text{ К}$ приймаємо:

$$\nu_{\text{cp}} = 1,289 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с.}$$

Визначимо мінімальну лінійну швидкість руху газойлю в трубах холодильника, при якій буде забезпечуватись стійкий турбулентний потік, тобто при якій $Re_{\text{min}} = 15 \cdot 10^3$:

$$Re = 15 \cdot 10^3 = \frac{\omega_{\text{min}} d_1}{\nu_{\text{cp}}}.$$

Звідки:

$$\omega_{\text{min}} = \frac{\nu_{\text{cp}} 15 \cdot 10^3}{d_1} = \frac{15 \cdot 10^3 \cdot 1,289 \cdot 10^{-3}}{0,021} = 1,113 \text{ м/с.}$$

Тоді:

$$Re = \frac{1,113 \cdot 0,021}{1,289 \cdot 10^{-3}} = 15000.$$

При $Re \geq 10^4$ для визначення коефіцієнта тепловіддачі з боку газойлю скористаємося формулою:

$$\alpha_1 = 0,021 \frac{\lambda_{\text{cp}}}{d_1} Re_{\text{cp}}^{0,8} Pr_{\text{cp}}^{0,43} \left(\frac{Pr_{\text{cp}}}{Pr_{\omega}} \right)^{0,25} \varepsilon_l,$$

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АБК
						41
ЗМН	АБК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

де Pr_{cp} – критерій Прандтля при температурі $T_{cp} = 362$ К;

Pr_{ω} – критерій Прандтля при температурі стінки труби з боку газойлю T_{ω} ;

ε_l – поправочний коефіцієнт, який враховує відношення довжини труби L до її діаметра, в нашому випадку рівний одиниці.

Знайдемо критерій Прандтля при температурі $T_{cp} = 362$ К:

$$Pr_{cp} = 23,8.$$

Попередньо приймаємо (з наступною перевіркою) температуру стінки труби з боку газойлю $T_{\omega} = 360$ К. Знаходимо також, як це зроблено вище, фізичні параметри газойлю при цій температурі:

де ν_{ω} – кінематична в'язкість газойлю, $\nu_{cp} = 1,289 \cdot 10^{-3}$ м²/с;

λ_{ω} – коефіцієнт теплопровідності газойлю, $\lambda_{\omega} = 0,113$ кДж/(м·ч·К);

$c_{p,cp}$ – теплоємність газойлю, $c_{p,cp} = 14,87$ кДж/(кг·К).

Тоді критерій Прандтля при $T_{\omega} = 360$ К:

$$Pr_{\omega} = 24,4.$$

Коефіцієнт тепловіддачі з боку газойлю:

$$\alpha_1 = 0,021 \frac{0,113}{0,021} \cdot 15000^{0,8} \cdot 23,8^{0,43} \left(\frac{23,8}{24,4} \right)^{0,25} \cdot 1 = 958 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

Коефіцієнт тепловіддачі α_k при поперечному обтіканні повітрям пучка оребрених труб.

Для розрахунку коефіцієнта тепловіддачі використовуємо формулу:

$$\alpha_k = 0,364 \cdot \lambda \cdot \left(\frac{\rho_v \cdot \omega_0}{\mu} \right)^{0,68} \cdot Pr^{0,33} \cdot d_3^{-0,77} \cdot \delta_p^{0,3} \cdot d_4^{0,15},$$

де $\lambda = 0,0256$ Вт/(м·К) – коефіцієнт теплопровідності повітря при його середній температурі;

ρ_v – густина повітря при T_{cp} , кг/м³;

ω_0 – швидкість повітряного потоку, м/с;

μ – динамічна в'язкість повітря при T_{cp} , Па·с;

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АБК
						42
ЗМН	АБК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

δ_p - середня товщина ребра, м.

Величину ω'_0 визначаємо по формулі:

$$\omega'_0 = \omega_n \cdot \frac{\sigma}{\sigma - 1 - 2 \cdot \frac{\delta_p}{d_3} \cdot \frac{h_p}{d_3} \cdot \frac{d_3}{S_p}},$$

де ω_n - швидкість набігаючого повітряного потоку при вході в трубний пучок;

S_n - поперечний крок оребрених труб 0,052 м.

$$\sigma = \frac{S_n}{d_3} = \frac{0,052}{0,028} = 1,857,$$

де h_p - висота ребра, $h_p = 0,0105$ м;

S_p - шаг ребер. $S_p = 0,0035$ м.

Швидкість набігаючого повітряного потоку:

$$\omega_k = \frac{V_d}{L \cdot B} = \frac{45}{4 \cdot 4} = 2,813 \text{ м/с},$$

де V_d - дійсна секундна витрата, м³/с;

Фронтальний до потоку повітря переріз апарата:

$$F_{св} = L \times B = 4 \times 4 = 16 \text{ м}^2,$$

де L - довжина труб.

Середня товщина ребра:

$$\delta_p = \frac{\delta_1 + \delta_2}{2} = \frac{0,0006 + 0,0011}{2} = 0,00085 \text{ м},$$

де $\delta_1 = 0,0006$ м - товщина ребра в його вершині;

$\delta_2 = 0,0011$ м - товщина ребра в його основі.

Швидкість повітряного потоку в стиснутому перерізі:

$$\omega'_0 = \frac{2,813 \cdot 1,857}{1,857 - 1 - 2 \cdot \frac{0,00085}{0,028} \cdot \frac{0,011}{0,028} \cdot \frac{0,028}{0,0035}} = 7,738 \text{ м/с},$$

Динамічна в'язкість повітря при $T_{ср} \mu = 15,575 \cdot 10^{-6}$ Па·с;

$$\alpha_k = 0,364 \cdot 0,026 \cdot \left(\frac{1,185 \cdot 7,738}{1,846 \cdot 10^{-5}} \right)^{0,68} \cdot 0,71^{0,33} \cdot 0,028^{-0,77} \cdot 0,00085^{0,3} \cdot 0,049^{0,15} = 75,733 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}},$$

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АДК
						43
ЗМН	АДК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

Приведений коефіцієнт тепловіддачі $\alpha_{\text{пр}}$ зі сторони повітря у випадку пучка оребрених труб.

Приведений коефіцієнт тепловіддачі $\alpha_{\text{пр}}$ враховує конвективний теплообмін між оребреною поверхнею і потоком повітря і передачу тепла теплопровідністю через метал ребер.

$\alpha_{\text{пр}}$ - для випадку ребристої спіральної поверхні:

$$\alpha_{\text{пр}} = \left[1 + \frac{F_p}{F_n} \cdot (E \cdot \varepsilon \Delta - 1) \right] \cdot \frac{\psi \cdot \alpha_{\kappa}}{1 + \beta_{\text{з}} \cdot \psi \cdot \alpha_{\kappa}},$$

де F_p - поверхня ребер:

$$F_p = \pi \cdot x \cdot \left(2 \cdot \frac{d_4^2 - d_3^2}{4} + d_4 \cdot \delta_{\text{сп}} \right),$$

де $x = 286$ - число спіральних витків ребер:

$$F_p = 3,14 \cdot 286 \cdot \left(2 \cdot \frac{0,049^2 - 0,028^2}{4} + 0,049 \cdot 0,00085 \right) = 0,764 \text{ м}^2.$$

Визначаємо зовнішню поверхню ділянок труби.

Коефіцієнт теплопередачі для пучка оребрених труб між ребрами:

$$F_{\text{тр}} = \pi \cdot d_3 \cdot 1 - x \cdot \delta_2 = 3,14 \cdot 0,028 \cdot 1 - 286 \cdot 0,0011 = 0,06 \text{ м}^2,$$

Повна зовнішня поверхня оребреної труби визначається:

$$F_n = F_p + F_{\text{тр}} = 0,06 + 0,764 = 0,824 \text{ м}^2,$$

Визначаємо попередній коефіцієнт тепловіддачі:

$$\alpha_{\text{пр}} = \left[1 + \frac{0,764}{0,824} \cdot (0,96 \cdot 1,02 - 1) \right] \cdot \frac{0,85 \cdot 75,733}{1 + 0,0005 \cdot 0,85 \cdot 75,733} = 64,164 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)},$$

Коефіцієнт теплопередачі для пучка оребрених труб.

Для оребрених металевих труб та забрудненої поверхні теплообміну (внутрішньої та зовнішньої) цей коефіцієнт визначається за формулою:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \left(\frac{\delta}{\lambda} \right)_{\text{з.в}} + \left(\frac{\delta}{\lambda} \right)_{\text{л}} + \left(\frac{\delta}{\lambda} \right)_{\text{а}} + \left(\frac{\delta}{\lambda} \right)_{\text{з.н}} + \frac{1}{\alpha_{\kappa}}} =$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{958,07} + 0,0006 + 0,000022 + 0,0000073 + 0,00050 + \frac{1}{90,447}} = 75,591 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АБК
						44
ЗМН	АБК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

де $\left(\frac{\delta}{\lambda}\right)_{3.B}$ - тепловий опір внутрішнього шару забруднення приймаємо для

прямоточного газойлю рівним $0,0006 \text{ (м}^2\cdot\text{К)/Вт}$;

$$\left(\frac{\delta}{\lambda}\right)_l = \frac{0,002}{91,9} = 0,000022 \text{ (м}^2\cdot\text{К)/Вт} - \text{тепловий опір латунної стінки труби при}$$

$\delta = 0,002 \text{ м}$ та $\lambda = 91,9 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;

$$\left(\frac{\delta}{\lambda}\right)_a = \frac{0,0015}{205} = 0,0000073 \text{ (м}^2\cdot\text{К)/Вт} - \text{тепловий опір алюмінієвого шару труби}$$

при $\delta = 0,0015 \text{ м}$ та $\lambda = 205 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;

$$\left(\frac{\delta}{\lambda}\right)_{3.H} - \text{тепловий опір зовнішнього шару забруднення - вибираємо в межах}$$

$0,00017 - 0,00086$, для подальших розрахунків ця величина прийнята рівною $0,00050 \text{ (м}^2\cdot\text{К)/Вт}$;

$F_{ст}$ - площа поверхні 1м гладкої труби, $\text{м}^2/\text{м}$;

F_n - повна площа поверхні 1м оребрених труб, $\text{м}^2/\text{м}$.

Площа поверхні 1м. гладкої труби знаходиться за формулою:

$$F_{ст} = \pi \cdot d_3 \cdot 1 = 3,14 \cdot 0,028 \cdot 1 = 0,088 \text{ м}^2,$$

Середній температурний напір.

При багатоходовому потоці теплоносія в трубному просторі холодильника (в нашому випадку – газойль) і одноходовому потоці теплоносія в міжтрубному просторі (повітря) середній температурний напір визначається за методом Белоконя:

$$\Delta T_{cp} = \frac{\tau_{max} - \tau_{min}}{2,31g \frac{\tau_{max}}{\tau_{min}}},$$

де ΔT_{cp} – середній температурний напір, К;

τ_{max}, τ_{min} – відповідно більша та менша різниця температур, яка визначається за формулами:

$$\tau_{max} = \theta + 0,5\Delta T,$$

$$\tau_{min} = \theta - 0,5\Delta T,$$

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АБК
						45
ЗМН	АБК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

θ - різниця середньоарифметичних температур гарячого та холодного теплоносіїв:

$$\theta = \frac{T_1' + T_1''}{2} - \frac{T_2' + T_2''}{2}.$$

Розрахуємо характеристичну зміну температури ΔT за формулою:

$$\Delta T = \sqrt{(\Delta T_1 + \Delta T_2)^2 - 4P\Delta T_1\Delta T_2},$$

де $\Delta T_1 = T_1' - T_1''$ – перепад температур в гарячому потоці;

$\Delta T_2 = T_2' - T_2''$ – перепад температур в холодному потоці;

P – індекс протитоку. В нашому випадку $P = 0,85$.

Маємо:

$$\Delta T_1 = 381 - 343 = 38 \text{ K},$$

$$\Delta T_2 = 303 - 293 = 10 \text{ K},$$

$$\Delta T = \sqrt{(38 + 10)^2 - 4 \cdot 0,85 \cdot 38 \cdot 10} = 31,8 \text{ K},$$

$$\theta = \frac{381 + 343}{2} - \frac{393 + 303}{2} = 64 \text{ K},$$

$$\tau_{\max} = 64 + 0,5 \cdot 31,8 = 79,9 \text{ K},$$

$$\tau_{\min} = 64 - 0,5 \cdot 31,8 = 48 \text{ K}.$$

Тоді:

$$\Delta T_{\text{cp}} = \frac{79,9 - 48}{2,3 \lg \frac{79,9}{48}} = 62,73 \text{ K},$$

Перевіримо температуру стінки труби.

Температуру стінки труби з боку газойлю знайдемо за формулою:

$$T_{\omega} = T_{\text{cp}} - \frac{k\Delta T_{\text{cp}}}{\alpha_1} = 36 - \frac{75,59 \cdot 62,73}{958,071} = 31,^{\circ}\text{C}$$

Поверхня теплообміну холодильника та компоновка труб у ньому.

Знаходимо поверхню теплообміну, згідно пункту [8].

$$F = \frac{Q_1}{k\Delta T_{\text{cp}}} = \frac{2,491 \cdot 10^6}{255,239 \cdot 62,73} = 155,58 \text{ м}^2.$$

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АДК
						46
ЗМН	АДК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

Кількість труб:

$$N = \frac{F}{F_1} = \frac{155,58}{0,352} = 441,989 \approx 442.$$

Поверхня теплообміну однієї труби:

$$F_1 = 3,14 \cdot 0,028 \cdot 2 = 0,3517 \text{ м}^2.$$

Габарити теплообмінника $4429 \times 2040 \times 4221$ мм.

критерій Прандтля при температурі $T_{\text{cp}} = 362$ К:

$$Pr_{\text{cp}} = 23,8.$$

Коефіцієнт тепловіддачі з боку газойлю:

$$\alpha_1 = 0,021 \frac{0,113}{0,021} \cdot 15000^{0,8} \cdot 23,8^{0,43} \left(\frac{23,8}{24,4} \right)^{0,25} \cdot 1 = 958 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

Висновки. В результаті розрахунку визначена площа поверхні теплообміну $F = 155,58 \text{ м}^2$ та довжина труб $l = 4 \text{ м}^2$. За цими даними проектуємо теплообмінник – апарат повітряного охолодження, горизонтальний. Апарат призначений для використання на відкритому повітрі в мікрокліматичних районах з помірним кліматом, з середньою температурою повітря в продовж 5 діб підряд в найбільш холодний період не нижче мінус 40°C

Несуща конструкція апарата розрахована для встановлення апарата в районах зі сейсмічною активністю до 7 балів й швидкісним напором повітря по IV географічному району.

Апарат призначений для роботи на висоті не більше 1000 м над рівнем моря.

Тиск в корпусі 0,1 МПа, з оребреними теплообмінними трубами діаметром 28 мм і довжиною 4 метра. Поверхня теплообміну такого холодильника $F = 155,58 \text{ м}^2$.

5.2 Розрахунок гідравлічного опору

Метою гідравлічного розрахунку є визначення гідравлічного опору в трубному та між трубному просторі повітряного холодильника.

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АДК
						47
ЗМН	АДК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.2.

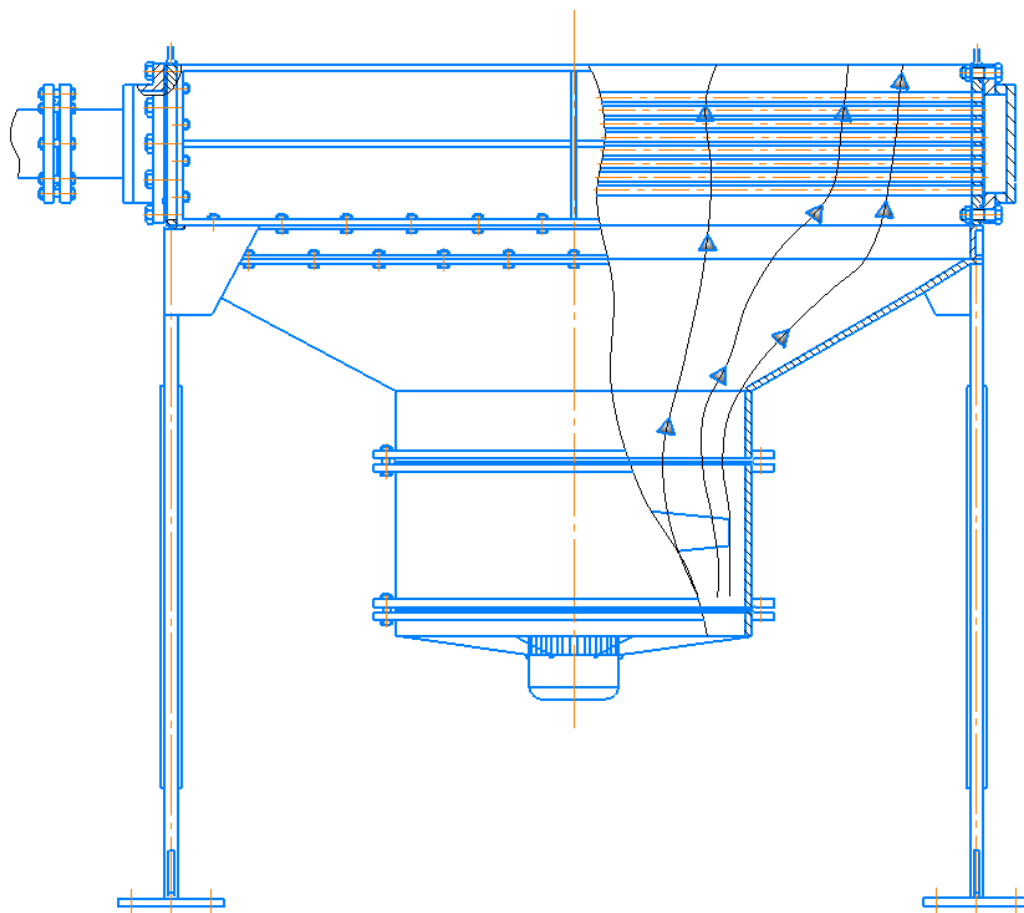


Рисунок 5.2 – Розрахункова схема гідравлічного опору холодильника повітряного

Вхідні дані:

середня температура газойлю, що охолоджується T_{cp}, K 362;

швидкість газойлю, яке охолоджується $W_1, m/s$ 1,113;

густина газойлю яке охолоджується $\rho_1, kg/m^3$ 808,15;

густина повітря, яке охолоджує $\rho_2, kg/m^3$ 1,2;

зовнішній діаметр труби d_3, m 0,028.

Гідравлічний опір ведеться згідно пункту [9].

Гідравлічний опір в трубному просторі.

Середня температура газойлю $T_{cp} = 362 K$ і його густина при цій температурі $\rho = 808 kg/m^3$, критерій Рейнольдса $Re = 13510$. В трубному просторі витрати тиску

ЗМН	АДК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат

ЛН41.065342.001 ПЗ

АДК

48

на подолання тертя та місцевих опорів визначаються за формулою:

$$\Delta p = \left(\lambda \frac{l}{d_e} + \sum \xi \right) \frac{\rho W^2}{2},$$

де λ - коефіцієнт тертя, $\sum \xi$ - сума коефіцієнтів місцевого опору.

Коефіцієнт λ визначається залежно від режиму. Для вибору розрахункової формули необхідно знати відносну шорсткість труб. Для труб можна прийняти значення абсолютної шорсткості $\Delta = 0,2$ мм.

В теплообміннику має місце зона змішаного тертя.

Тоді коефіцієнт тертя визначаємо за формулою:

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{\Delta}{d_{екв}} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25} = 0,11 \left(\frac{0,0002}{0,021} + \frac{68}{11880} \right)^{0,25} = 0,038.$$

Коефіцієнти місцевих опорів приймаємо згідно до рекомендацій:

Вхідна і вихідна камера $\xi_1 = 1,5$

Вхід і вихід в трубу $\xi_2 = 1$

Поворот між ходами $\xi_3 = 2,5$

Втрати в вхідній і вихідній камері необхідно розраховувати по швидкості в штуцерах $W = 2$ м/с.

Тоді втрати тиску в трубному просторі:

$$\begin{aligned} \Delta p &= \lambda \cdot \frac{l \cdot z}{d} \frac{W^2 \cdot \rho}{2} + [\xi_3 \cdot z - 1 + 2 \cdot \xi_2 \cdot z] \frac{\rho \cdot W^2}{2} + 2 \cdot \xi_1 \cdot \frac{\rho \cdot W^2}{2} = \\ &= 0,038 \cdot \frac{4 \cdot 2}{0,021} \cdot \frac{2^2 \cdot 808,15}{2} + [2,5 \cdot 6 - 1 + 2 \cdot 2 \cdot 2] \cdot \frac{808,15 \cdot 2^2}{2} + 2 \cdot 1,5 \cdot \frac{808,15 \cdot 2^2}{2} = 19009 \text{ Па} \end{aligned}$$

Аеродинамічний опір пучка труб, згідно пункту [8].

Аеродинамічний опір пучка труб визначимо за формулою:

$$\Delta P = 9,7 \cdot \frac{\rho_B}{g} (\omega_0)^2 n_b \left(\frac{S_p}{d_3} \right)^{-0,72} Re^{-0,24}, \quad (5.1)$$

де $\rho_B = 1,2045$ кг/м³ - густина повітря при початковій температурі;

$\omega_0 = 7,738$ м/с - швидкість повітря в стиснутому (вузькому) перетині трубного пучка;

$n_B = 8$ кількість горизонтальних рядів в пучку (по вертикалі);

$d_3 = 0,028$ – зовнішній діаметр труби.

Критерій Рейнольдса, віднесений до діаметра труб d_3 :

$$Re = \frac{\omega_0 \cdot d_3}{\nu} = \frac{7,738 \cdot 0,028}{16,04 \cdot 10^{-6}} = 13510.$$

Підставляючи вказані величини у формулу, отримаємо:

$$\Delta P = 9,7 \cdot \frac{1,2045}{9,81} \cdot 7,738^2 \cdot 8 \cdot \left(\frac{0,0035}{0,028} \right)^{-0,72} \cdot 13510^{-0,24} = 260,107 \text{ Па}.$$

Вибраний вентилятор розвиває тиск до 2550 Па, тому з відомим запасом по продуктивності і тиску забезпечить роботу повітряного холодильника.

Потужність:

$$N = V \cdot \Delta P = 11,907 \cdot 1004 = 11,95 \text{ кПа}.$$

Висновок. Визначений гідравлічний опір трубного та між трубного просторів холодильника, які необхідно врахувати для вибору вентилятора (для цього також необхідно визначити гідравлічний опір інших апаратів та трубопроводів, по яким рухаються теплоносії). Підібраний вентилятор має достатню потужність для подолання гідравлічного опору між трубного простору.

5.3 Розрахунок діаметра штуцерів

Мета: вибрати нормалізовані розміри штуцерів за умовним тиском і діаметром, що далі визначається.

Розрахунок проводиться для вибору стандартних штуцерів за тиском та діаметром умовного проходу.

Розрахункова схема штуцера наведена на рисунку 5.3.

Вхідні дані:

масова витрата газойлю, яке охолоджується G_1 , кг/с	1,39;
швидкість газойлю, що охолоджується W_1 , м/с	1,113;
густина газойлю яке охолоджується ρ_1 , кг/м	808,15;

					ЛН41.065342.001 ПЗ	Адж
						50
ЗМН	Адж	№ док.м.	Підпис	Дат		

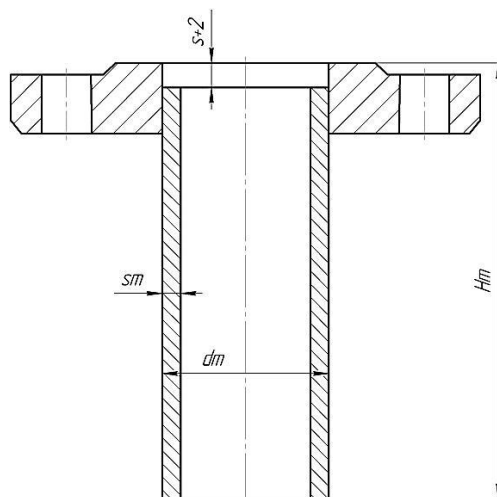


Рисунок 5.3 – Розрахункова схема штуцера

Розрахунок проводимо згідно пункту [10].

Розраховуємо діаметр штуцера для входу газойлю:

$$d_{\text{вх1}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_1}{\pi \cdot \rho_1 \cdot W_1}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,389}{3,14 \cdot 808,15 \cdot 2}} = 0,033 \text{ м},$$

Розраховуємо діаметр штуцера для виходу газойлю:

$$d_{\text{вх2}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_2}{\pi \cdot \rho_2 \cdot W_2}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,389}{3,14 \cdot 808,15 \cdot 2}} = 0,033 \text{ м},$$

де $G_1 = G_2 = 1,389$ кг/с - масова витрата газойлю,

$W_1 = W_2 = 2$ - швидкість газойлю.

Висновки: За результатами розрахунків приймаємо стандартні штуцери: штуцер 25-06-155 за ОСТ 26-1404-76штуцера з фланцями сталевими плоскими приварними зі з'єднанням виступом діаметром 32мм.

5.4 Розрахунок фланцевого з'єднання

Метою розрахунку є вибір та перевірочний розрахунок фланців для забезпечення з'єднання корпусу апарата з еліптичною кришкою та розподільчою камерою, а також герметичність з'єднання.

Вихідні дані:

геометричні параметри фланця:

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АБК
						51
ЗМН	АБК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

внутрішній діаметр D , м	0,039;
діаметр фланця $D_{\text{ф}}$, м	0,12;
діаметр болтового кола $D_{\text{б}}$, м	0,09;
товщина фланця $h_{\text{ф}}$, м	0,025;
параметри прокладки:	
зовнішній діаметр прокладки $D_{\text{п}}$, м	0,06;
ширина прокладки b , м	0,016;
товщина прокладки h , м	0,002;
матеріал прокладки	пароніт;
коефіцієнт m	2,5;
мінімальне питоме навантаження q , МПа	20;
матеріал фланців	ВСт3сп;
допустиме напруження $[\sigma]_{\text{тф}}$, МПа	230;
модуль пружності E , МПа	2000;
коефіцієнт відносного лінійного розширення $\alpha_{\text{ф}}^{\text{т}}$, K^{-1}	$13,1 \cdot 10^{-6}$;
внутрішній тиск P , МПа	0,6;
кількість болтів, $z^{\text{б}}$	4;
діаметр різьби болтів	M12;
внутрішній діаметр d_0 , м,	0,0173;
матеріал болтів	сталь 35Х;
допустиме напруження $[\sigma]_{\text{б}}$, МПа	230;
модуль пружності E , МПа	$1,999 \cdot 10^5$;
коефіцієнт відносного лінійного розширення $\alpha_{\text{ф}}^{\text{т}}$, K^{-1}	$3,1 \cdot 10^{-6}$.

Методика розрахунку, наведена в [17], складена згідно норм за ОСТ 26-373-78 і передбачає визначення навантажень на кріпильні деталі, обчислення напружень у кріпильних деталях і порівняння їх з допустимими, знаходження напруження в найбільш небезпечних перерізах фланців та порівняння їх з допустимими та перевірку фланців на жорсткість за умовою герметичності.

Розрахункова схема фланцевого з'єднання наведена на рисунку 5.4

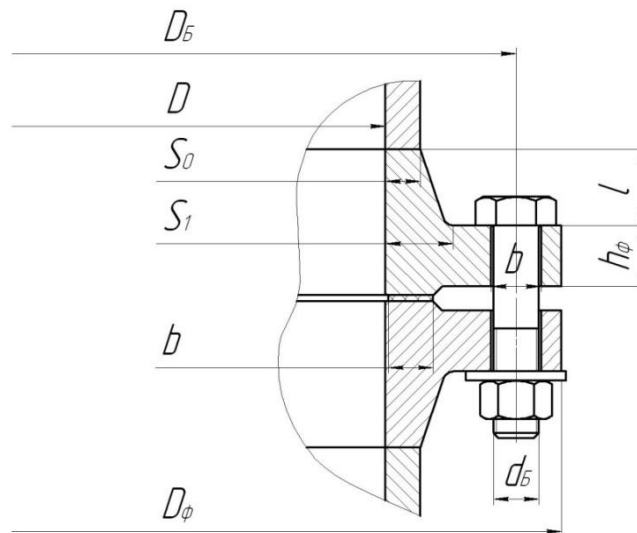


Рисунок 5.4 - Схема фланцевого з'єднання.

Далі опишемо результати розрахунків, що містять елементи порядку розрахунку.

Для перевірного розрахунку фланцевих з'єднань скористаємось алгоритмом запропонованим авторами [11], згідно з яким проводяться розрахунок наступних величин:

Середній діаметр прокладки, м:

$$D_{\text{сп}} = D_{\text{п}} - b. \quad (5.2)$$

Ефективна ширина прокладки:

при $b < 0,015$, м:

$$b_E = 0,5b, \quad (5.3)$$

при $b > 0,015$, м:

$$b_E = 0,06\sqrt{b}. \quad (5.4)$$

Конструктивний коефіцієнт для фланця:

$$K_{\Phi} = \frac{D_{\Phi}}{D}. \quad (5.5)$$

Коефіцієнт зони впливу:

$$x = \frac{l}{\sqrt{DS_0}}. \quad (5.6)$$

Коефіцієнт приведення товщини втулки:

$$\chi = 1 + (\beta - 1) \frac{x}{x + (1 + \beta) / 4}. \quad (5.7)$$

Еквівалентна товщина втулки, м:

$$S_E = \chi S_0.$$

Конструктивні коефіцієнти для фланців:

$$\lambda_{\phi 1} = \frac{h_{\phi 1}}{\sqrt{DS_E}}, \quad (5.8)$$

$$\lambda_{\phi 2} = \frac{h_{\phi 2}}{\sqrt{DS_E}}. \quad (5.9)$$

Поправковий коефіцієнт для фланців:

$$\psi_{1\phi} = 1,28 \lg K_{\phi}. \quad (5.10)$$

Поправковий коефіцієнт для фланців:

$$\psi_{2\phi} = \frac{K_{\phi} + 1}{K_{\phi} - 1}. \quad (5.11)$$

Геометричні параметри фланців:

$$j_{\phi 1} = \frac{h_{\phi 1}}{S_E}, \quad (5.12)$$

$$j_{\phi 2} = \frac{h_{\phi 2}}{S_E}. \quad (5.13)$$

Безрозмірний параметр фланців:

$$T_{\phi} = \frac{K_{\phi} (1 + 8,55 \lg K_{\phi}) - 1}{(1,05 + 1,945 K_{\phi}^2)(K_{\phi} - 1)}. \quad (5.14)$$

Безрозмірні параметри фланців:

$$\omega_{\phi 1} = \left[1 + 0,9 \lambda_{\phi 1} (1 + \psi_{1\phi} j_{\phi 1}^2) \right]^{-1}, \quad (5.15)$$

$$\omega_{\phi 2} = \left[1 + 0,9 \lambda_{\phi 2} (1 + \psi_{1\phi} j_{\phi 2}^2) \right]^{-1}. \quad (5.16)$$

Кутова піддатливість фланців, 1/(МН·м):

$$y_{\phi 1} = \frac{\left[1 - \omega_{\phi 1} \quad 1 + 0,9 \lambda_{\phi 1} \right] \psi_{1\phi}}{h_{\phi 1}^3 E_{\phi 1}}, \quad (5.17)$$

$$y_{\phi 2} = \frac{\left[1 - \omega_{\phi 2} \quad 1 + 0,9 \lambda_{\phi 2} \right] \psi_{2\phi}}{h_{\phi 2}^3 E_{\phi 2}}. \quad (5.18)$$

Розрахункова довжина болтів фланцевого з'єднання, м:

$$L_{\text{Б}} = h_{\text{Ф1}} + h_{\text{Ф2}} + h + 0,28d_{\text{Б}}. \quad (5.19)$$

Лінійна піддатливість прокладки

$$y_{\text{п}} = \frac{h}{\pi \cdot D_{\text{с.п.}} \cdot b \cdot E_{\text{п}}}. \quad (5.20)$$

Площа поперечного перерізу шпильки, м²:

$$f_{\text{Б}} = 0,785d_0^2. \quad (5.21)$$

Лінійна піддатливість шпильок, м/МН:

$$y_{\text{Б}} = \frac{L_{\text{Б}}}{E_{\text{Б}} f_{\text{Б}} z_{\text{Б}}}. \quad (5.22)$$

Параметр жорсткості фланцевого з'єднання:

$$A_{\text{Ф}} = \left[y_{\text{п}} + y_{\text{Б}} + 0,25(y_{\text{Ф1}} + y_{\text{Ф2}})(D_{\text{Б}} - D_{\text{сн}})^2 \right]^{-1}. \quad (5.23)$$

Параметри жорсткості фланця, 1/МН:

$$B_{\text{Ф1}} = y_{\text{Ф1}}(D_{\text{Б}} - D - S_{\text{Е}}), \quad (5.24)$$

$$B_{\text{Ф2}} = y_{\text{Ф2}}(D_{\text{Б}} - D - S_{\text{Е}}). \quad (5.25)$$

Безрозмірний коефіцієнт фланцевого з'єднання:

$$\gamma = A_{\text{Ф}} y_{\text{Б}}. \quad (5.26)$$

Коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання:

$$\alpha_{\text{Ф}} = A_{\text{Ф}} \left[y_{\text{Б}} + 0,25(B_{\text{Ф1}} + B_{\text{Ф2}})(D_{\text{Б}} - D_{\text{сн}}) \right]. \quad (5.27)$$

Розрахунок болтів фланцевого з'єднання

Рівнодійна внутрішнього тиску, МН:

$$Q_{\text{г}} = 0,785D_{\text{сн}}^2 p. \quad (5.28)$$

Реакція прокладок в робочих умовах, МН:

$$R_{\text{п}} = 2\pi D_{\text{сн}} b_{\text{Е}} m p. \quad (5.29)$$

Зусилля, що виникає від дії температурної деформації фланцевого з'єднання.

Якщо $\gamma z_{\text{Б}} f_{\text{Б}} E_{\text{Б}} (\alpha'_{\text{Ф}} t_{\text{Ф}} - \alpha'_{\text{Б}} t_{\text{Б}}) > 0$, то

$$Q_{\text{тФ}} = \gamma z_{\text{Б}} f_{\text{Б}} E_{\text{Б}} (\alpha'_{\text{Ф}} t_{\text{Ф}} - \alpha'_{\text{Б}} t_{\text{Б}}). \quad (5.30)$$

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АДК
						55
ЗМН	АДК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

Якщо $\gamma z_{\text{Б}} f_{\text{Б}} E_{\text{Б}} (\alpha'_{\text{Ф}} t_{\text{Ф}} - \alpha'_{\text{Б}} t_{\text{Б}}) > 0$, то

$$Q_{\text{тФ}} = 0.$$

Монтажні болтові навантаження фланцевого з'єднання за різних умов розрахунку, МН:

$$P'_{\text{Б1}} = \pi D_{\text{сн}} b_E q, \quad (5.31)$$

$$P''_{\text{Б2}} = \alpha_{\text{Ф}} Q_g \pm P + R_{\text{н}} + \frac{4M}{D_{\text{сн}}}. \quad (5.32)$$

де P - зовнішня стискуюча або розтягуюча сила, МН;

M - зовнішній згинаючий момент, МН.

$$P'''_{\text{Б3}} = 0,4 \sigma_{\text{Б}}^{20} z_{\text{Б}} f_{\text{Б}}. \quad (5.33)$$

Розрахункове болтове навантаження, МН:

$$P_{\text{Б1}} = \max P'_{\text{Б1}}; P''_{\text{Б1}}. \quad (5.34)$$

Болтове навантаження за робочих умов, МН:

$$P_{\text{Б2}} = P_{\text{Б1}} + (1 - \alpha_{\text{Ф}}) Q_g \pm P + Q_{\text{тФ}}. \quad (5.35)$$

Розрахункове навантаження на болти, МН:

$$P_{\text{БФ}} = \max P_{\text{Б1}}; P_{\text{Б2}}. \quad (5.36)$$

Напруження розтягання в болтах, МПа:

$$\sigma_{\text{Б}}^{20} = \frac{P_{\text{Б1}}}{z_{\text{Б}} f_{\text{Б}}}. \quad (5.37)$$

Напруження розтягання в болтах за робочих умов, МПа:

$$\sigma_{\text{Б}}^t = \frac{P_{\text{Б2}}}{z_{\text{Б}} f_{\text{Б}}}. \quad (5.38)$$

Крутний момент, що виникає при затягуванні гайок, МН·м:

$$M_{\text{скр}} = f_1 \frac{P_{\text{БФ}}}{z_{\text{Б}}} d_{\text{Б}}, \quad (5.39)$$

де f_1 - коефіцієнт тертя.

Дотичне напруження в болтах, МПа:

$$\tau_{\text{Б}} = \frac{M_{\text{скр}}}{0,2 d_0^3}. \quad (5.40)$$

Еквівалентне навантаження в болтах, МПа:

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АДК
						56
ЗМН	АДК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

$$\sigma_{\text{БЕ}}^{20} = \sqrt{\sigma_{\text{Б}}^{20\ 2} + 3\tau_{\text{Б}}^2}, \quad (5.41)$$

$$\sigma_{\text{БЕ}}^t = \sqrt{\sigma_{\text{Б}}^{t\ 2} + 3\tau_{\text{Б}}^2}. \quad (5.42)$$

Умови міцності болтів:

$$\sigma_{\text{БЕ}}^{20} \leq \sigma_{\text{Б}}^{20}, \quad (5.43)$$

$$\sigma_{\text{БЕ}}^t \leq \sigma_{\text{Б}}^t. \quad (5.44)$$

Розрахунок фланців на міцність:

Приведений згинаючий момент в діаметральному перерізі фланця, МН·м:

$$M_{01\phi} = 0,5P_{\text{Б1}}(D_{\text{Б}} - D_{\text{сн}}). \quad (5.45)$$

Приведений згинаючий момент в діаметральному перерізі фланця за робочих умов МН·м:

$$M_{02\phi} = 0,5 \left[P_{\text{Б2}}(D_{\text{Б}} - D_{\text{сн}}) + Q_q D_{\text{сн}} - D - S_E \right] \frac{[\sigma_{\phi}]^{20}}{[\sigma_{\phi}]^t}. \quad (5.46)$$

Розрахунковий приведений момент у діаметральному перерізі фланця. МН·м:

$$M_{0\phi} = \max M_{01}; M_{0.2}. \quad (5.47)$$

Допоміжна величина:

$$\varepsilon = 20S_1. \quad (5.48)$$

Розрахунковий діаметр, м:

якщо $D > S_o$: $D^* = D$,

якщо $D < 20 \cdot S_o$, $D^* = D + S_o$.

Максимальні напруження в перерізах S_1 фланців від дії згинаючого моменту M_0 , МПа:

$$\sigma_{1\phi 1} = \frac{T_{\phi} M_{0\phi} \omega_{\phi 1}}{D(S_1 - C)^2}, \quad (5.49)$$

$$\sigma_{1\phi 2} = \frac{T_{\phi} M_{0\phi} \omega_{\phi 2}}{D(S_1 - C)^2}. \quad (5.50)$$

Напруження в перерізі S_o фланців від дії згинаючого M_0 , МПа:

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АБК
						57
ЗМН	АБК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

$$\sigma_{0\Phi 1} = \psi_{3\Phi} \sigma_{1\Phi 1}, \quad (5.51)$$

$$\sigma_{0\Phi 1} = \psi_{3\Phi} \sigma_{1\Phi 2}. \quad (5.52)$$

Кільцеве напруження в дисках фланців від дії згинаючого M_0 , МПа:

$$\sigma_{\kappa\Phi 1} = \frac{M_{0\Phi} \left[1 - \omega_{\Phi 1} \quad 1 + 0,9\lambda_{\Phi 1} \right] \psi_{2\Phi}}{D h_{\Phi 1}^2}, \quad (5.53)$$

$$\sigma_{\kappa\Phi 2} = \frac{M_{0\Phi} \left[1 - \omega_{\Phi 2} \quad 1 + 0,9\lambda_{\Phi 2} \right] \psi_{2\Phi}}{D h_{\Phi 2}^2}. \quad (5.54)$$

Еквівалентне напруження в перерізі S_1 фланців, МПа:

$$\sigma_{E\Phi 1}^{S_1} = \sqrt{\sigma_{1\Phi 1}^2 + \sigma_{\kappa\Phi 1}^2 - \sigma_{1\Phi 1} \sigma_{\kappa\Phi 1}}, \quad (5.55)$$

$$\sigma_{E\Phi 2}^{S_1} = \sqrt{\sigma_{1\Phi 2}^2 + \sigma_{\kappa\Phi 2}^2 - \sigma_{1\Phi 2} \sigma_{\kappa\Phi 2}}. \quad (5.56)$$

Кільцеві та меридіональні напруження у втулці фланців від дії внутрішнього тиску, МПа:

$$\sigma_{x\Phi 1} = \sigma_{x\Phi 2} = \frac{pD}{2 \cdot S_0 - e}, \quad (5.57)$$

$$\sigma_{y\Phi 1} = \sigma_{y\Phi 2} = \frac{pD}{4 \cdot S_0 - e}. \quad (5.58)$$

Еквівалентні напруження в перерізі S_0 втулки фланців, МПа:

$$\sigma_{E\Phi 1}^{S_0} = \sqrt{\sigma_{0\Phi 1}^2 + \sigma_{y\Phi 1}^2 + \sigma_{x\Phi 1}^2 - \sigma_{0\Phi 1} + \sigma_{y\Phi 1} \cdot \sigma_{x\Phi 1}}, \quad (5.59)$$

$$\sigma_{E\Phi 1}^{S_0} = \sqrt{\sigma_{0\Phi 2}^2 + \sigma_{y\Phi 2}^2 + \sigma_{x\Phi 2}^2 - \sigma_{0\Phi 2} + \sigma_{y\Phi 2} \cdot \sigma_{x\Phi 2}}. \quad (5.60)$$

Умови міцності фланців:

$$\begin{cases} \sigma_{E\Phi 1}^{S_1} \leq \sigma_{T\Phi 1}^t \\ \sigma_{E\Phi 2}^{S_1} \leq \sigma_{T\Phi 2}^t \\ \sigma_{E\Phi 1}^{S_0} \leq \left[\sigma_{\Phi 1}^{S_0} \right]^t \varphi \\ \sigma_{E\Phi 2}^{S_0} \leq \left[\sigma_{\Phi 2}^{S_0} \right]^t \varphi \end{cases} \quad (5.61)$$

Умови герметичності:

$$\begin{cases} \frac{\sigma_{\kappa\phi 1} D}{E_{\phi 1} h_{\phi 1}} \leq \Theta \\ \frac{\sigma_{\kappa\phi 2} D}{E_{\phi 2} h_{\phi 2}} \leq \Theta \end{cases} \quad (5.62)$$

Умови герметичності виконуються.

За результатами розрахунку умови міцності болтів, умови міцності фланців та умови герметичності виконуються. До методики розрахунку було створено відповідну програму автоматизованого розрахунку фланцевого з'єднання, складено блок – схему, таблицю ідентифікаторів, зазначені результати програмного розрахунку (таблиця Б).

Висновок: обране фланцеве відповідає вимогам експлуатації даного апарата.

Остаточно приймаємо наступний фланець:

внутрішній діаметр D , м	0,039;
діаметр фланця D_{ϕ} , м	0,12;
діаметр болтового кола D_B , м	0,09;
товщина фланця h_{ϕ} , м	0,025;
матеріал фланців	ВСт3сп
параметри прокладки:	
зовнішній діаметр прокладки D_p , м	0,06;
ширина прокладки b , м	0,016;
товщина прокладки h , м	0,002;
матеріал прокладки	пароніт;

5.5 Розрахунок товщини стінки бічної кришки

Метою розрахунку є визначення товщини стінки бічної кришки.

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.5.

Вхідні дані:

Тиск, який діє на стінку бічної кришки P_T , МПа 0,1;

Відстань між ребрами b , м 0,256;

Допустиме напруження сталі σ , МПа 141,5;

Розрахунок проводимозгідно пункту [10].

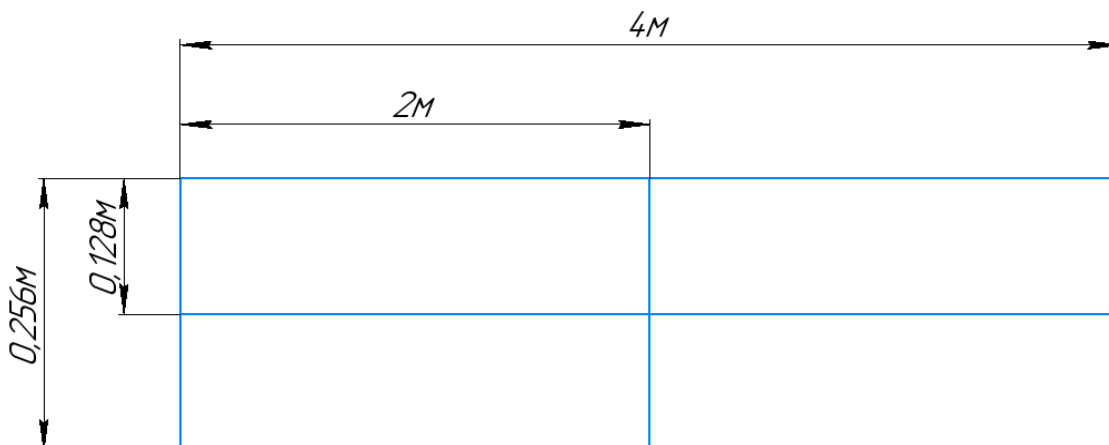


Рисунок 5.5 – Розрахункова схема бічної кришки холодильника повітряного

Номінальна розрахункова товщина гладкої прямокутної плоскої стінки розраховується наступним чином:

$$s' = K \cdot b \cdot \sqrt{\frac{p}{\sigma}},$$

де b - менша сторона прямокутної плоскої стінки, або відстань між ребрами.

p - тиск який діє на стінку.

σ - допустиме напруження, для Сталь 20.

$K = f\left(\frac{l}{b}\right)$ - коефіцієнт який залежить від способу закріплення. Значення K вибирають по графіку який зображено на рисунку 5.6.

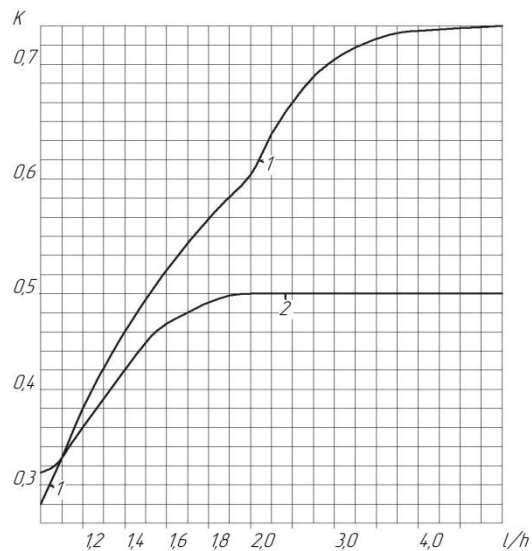


Рисунок 5.6 – Графік для визначення коефіцієнта K

1 - для прямокутної плоскої стінки, шарнірно опертої по периметру.

2 - для прямокутної плоскої стінки, жорстко закріпленої по периметру.

Отже, товщина стінки буде дорівнювати:

$$s' = 0,5 \cdot 0,256 \cdot \sqrt{\frac{0,1}{141,5}} = 0,0034 \text{ м.}$$

Висновок: Виходячи з конструктивних міркувань приймаємо товщину стінки $s = 0,006 \text{ м.}$

5.6 Розрахунок опор

Метою розрахунку є вибір опори та перевірка на міцність.

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.7.

Вхідні дані:

Маса апарату m , кг	11550;
Довжина опори l , мм	1600;
Матеріал	Сталь20;
Допустиме напруження σ , МПа	147;

Розрахунок проводимо згідно пункту [9].

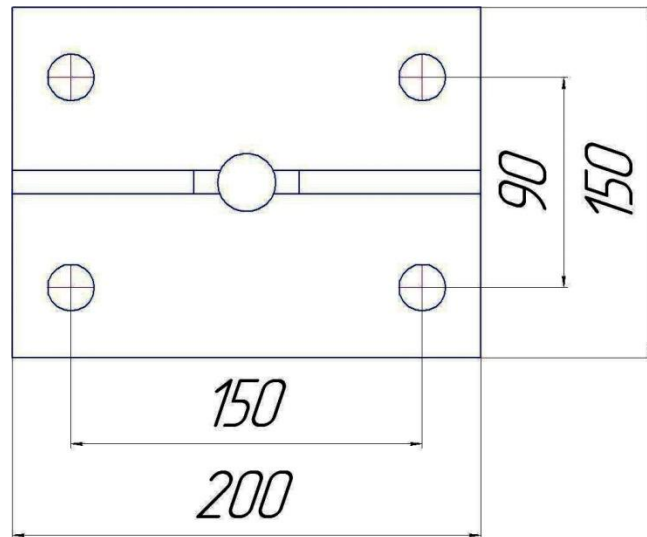


Рисунок 5.7 – Розрахункова схема опор холодильника повітряного

Розрахуємо силу яка діє на одну опору:

$$N = \frac{m \cdot g}{4} = \frac{11550 \cdot 9,81}{4} = 28326 \text{ Н},$$

З конструктивних міркувань задаємось розміром опори $25 \times 2,5$ та перевіримо її на міцність і стійкість.

З виходячи з умови міцності:

$$\sigma = \frac{|N|}{F} \leq \sigma .$$

Площа поперечного перерізу опори:

$$F_{\text{тр}} = \frac{\pi}{4} \cdot (d_s^2 - d_e^2) = \frac{3,14}{4} \cdot (0,025^2 - 0,02^2) = 1,76 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Перевіримо умову міцності:

$$\sigma = \frac{N}{F_{\text{тр}}} = \frac{4758}{1,76 \cdot 10^{-4}} = 27,03 \text{ МПа},$$

$$\sigma \leq \sigma ,$$

$$27,03 \cdot 10^6 \leq 167 \cdot 10^6.$$

Умова міцності виконується.

Перевіримо умову стійкості:

$$\sigma \leq \sigma \cdot \varphi,$$

ЗМН	АБК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат

ЛН41.065342.001 ПЗ

АБК

62

$\varphi = f(\lambda)$ - коефіцієнт зменшення головного допустимого напруження.

Гнучкість:

$$\lambda = \frac{\nu \cdot l}{i_{\min}} = \frac{0,5 \cdot 1,395}{0,008} = 71,2;$$

$\nu = 0,5$ - коефіцієнт зведення довжини.

Мінімальний радіус інерції:

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{I}{F_{\text{тр}}}} = \sqrt{\frac{1,1 \cdot 10^{-8}}{1,7 \cdot 10^{-4}}} = 0,008 \text{ м.}$$

Момент інерції:

$$I = \frac{\pi}{64} \cdot (d_3^4 - d_6^4) = \frac{3,14}{64} \cdot (0,025^4 - 0,02^4) = 1,1 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4.$$

Отже, $\varphi = 0,81$ при $\lambda = 71,2$.

$$\sigma \cdot \varphi = 147 \cdot 10^6 \cdot 0,81 = 119 \geq \sigma = 27,03 \cdot 10^6,$$

Умова стійкості виконується.

Висновок: підібрали опору апарату повітряного охолодження та перевірили її на міцність та стійкість.

5.7 Розрахунок анкерних болтів

Метою розрахунку є вибір діаметру та перевірка умови міцності болтів. Розрахунок ведеться у відповідності до [12]. Схема розташування анкерних болтів наведена на рисунку 5.8.

Вихідні дані:

число болтів в кожному із двох рядів по ширині теплообмінника $m1$	2;
координати першого ряду болтів по довжині теплообмінника $l1x$, м	0,06;
координати другого ряду болтів по довжині теплообмінника $l2x$, м3	940.

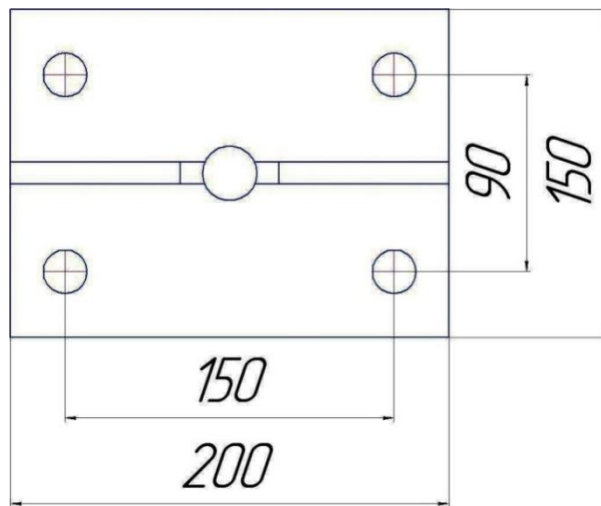


Рисунок 5.8 – Схема розташування анкерних болтів

З умови рівноваги зовнішнього перекидного моменту і моменту від затяжки болтів відносно вісі $x - x$ навантаження на найбільш навантажений болт, Н:

$$Q = \frac{T \cdot l_{1x}}{m_1 \cdot l_{1x}^2 + 2 \cdot l_{2x}^2} = \frac{998 \cdot 0,06}{2 \cdot 0,06^2 + 2 \cdot 3,94^2} = 1,93 \text{ Н},$$

де T – зовнішній перекидний момент, $T = T_G = M_G = 998 \text{ Нм}$.

Розрахункова площа поперечного перетину болта:

$$F = \frac{Q}{[\sigma]} = \frac{1,93}{230 \cdot 10^6} = 8,384 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2.$$

Діаметр болта:

$$d = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot F}{\pi}} = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot 8,384 \cdot 10^{-9}}{3,14}} = 1,015 \cdot 10^{-2} \text{ м}.$$

З конструктивних міркувань приймаємо болт діаметром М16, тоді внутрішній діаметр $d_b = 14 \text{ мм}$.

Дійсна площа поперечного перетину болта:

$$F_o = \frac{\pi \cdot d_b^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,013835^2}{4} = 1,503 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Напруження, яке виникає в болтах:

$$\sigma = \frac{Q}{F_o} = \frac{1,93}{1,503 \cdot 10^{-4}} = 1,283 \cdot 10^4 \text{ Па}.$$

Перевіряємо умову міцності:

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АДК
						64
ЗМН	АДК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

$$\sigma \leq \sigma_{\text{т}}$$

$$1,283 \cdot 10^4 \text{ Па} \leq 230 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Умова міцності виконується.

Висновок: Умова міцності виконується, приймаємо болти діаметром М16.

5.8 Розрахунок розподільчої камери

Мета розрахунку: визначення товщин кришки, трубної решітки.

Розрахунок проводимо згідно [13]

Вхідні дані:

тиск в апараті p , МПа	0,6;
крок отворів під труби в поздовжньому напрямленні t_1 , м	0,052;
крок отворів під труби в поперечному напрямленні t_2 , м	0,045;
число рядів труб z	8;
діаметр труби $d_{\text{т}}$, м	0,028;
товщина труби $s_{\text{т}}$, м	0,002

Розрахунок проводимо згідно пункту [6].

Розрахункова ширина перфорованої зони решітки:

$$B_{\text{т}} = \min z t_2; B_{\text{п}} = 8 \cdot 0,045; 0,391 = 0,36 \text{ м},$$

$$B_{\text{п}} = B_2 - b_{\text{пк}} = 0,403 - 0,012 = 0,391 \text{ м}.$$

Відносна ширина без трубного краю:

$$\lambda_{\text{п}} = \frac{B_{\text{п}} - B_{\text{т}}}{B_{\text{т}}} = \frac{0,391 - 0,36}{0,36} = 0,086;$$

Допоміжні коефіцієнти:

$$\nu = \frac{\pi(d_{\text{т}} - s_{\text{т}})(s_{\text{т}} - c)}{t_1 \cdot t_2} = \frac{3,14 \cdot (0,025 - 0,002) \cdot (0,002 - 0,001)}{0,052 \cdot 0,045} = 0,031,$$

$$\eta = 1 - \frac{\pi}{4} \cdot \frac{(d_{\text{т}} - 2s_{\text{т}})^2}{t_1 \cdot t_2} = \frac{3,14 \cdot (0,025 - 0,002) \cdot (0,002 - 0,001)}{0,052 \cdot 0,045} = 0,031.$$

					ЛН41.065342.001 ПЗ	Адж
						65
ЗМН	Адж	№ док.м.	Підпис	Дат		

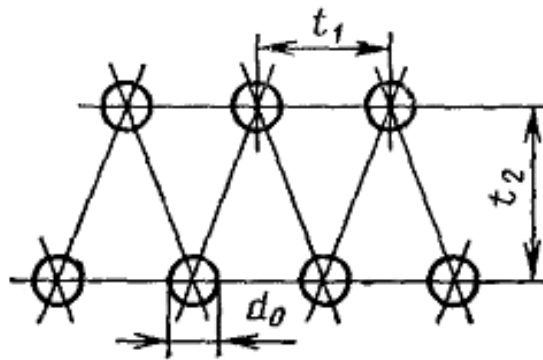


Рисунок 5.9 – Схема розміщення отворів

Коефіцієнт ослаблення решітки та задньої стінки.

Ефективний діаметр отвору, $d_E = d_0 - 2s_T = 0,028 - 2 \cdot 0,002 = 0,026 \text{ м}$ – для решіток з трубами, які закріплені на всю товщину решітки.

$$\varphi_p = 1 - \frac{d_E}{t_1} = 1 - \frac{0,026}{0,52} = 0,596.$$

Допустима загрузка на одиницю площини перетину трубного пучка.

Допустима загрузка з умови міцності труб:

$$q = v \left(1 - \frac{d_T - s_T}{2(s_T - c)} \cdot \frac{P}{\sigma_T} \right) \cdot \sigma_T,$$

$$q = 0,0308 \cdot \left(1 - \frac{0,028 - 0,002}{2 \cdot 0,002 - 0,001} \cdot \frac{0,26 \cdot 10^6}{139,7 \cdot 10^6} \right) \cdot 139,7 \cdot 10^6 = 3,744 \cdot 10^6 \text{ МПа}.$$

Висновок: визначили розрахункове зусилля в болтах, умова міцності виконується, визначили товщини трубної решітки, дна кришки.

ЗМН	АБК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат

ЛН41.065342.001 ПЗ

АБК

66

6 Рекомендації щодо монтажу та експлуатації

Рекомендації розроблені відповідно до матеріалів викладених в [14].

Даний пункт містить рекомендації щодо забезпечення нормальної експлуатації апарату та умови проведення монтажу, які включають: спосіб проведення монтажу апарату, вимоги щодо положення апарату та окремих його частин, умови проведення випробувань, та шляхи забезпечення правильної експлуатації апарату.

Горизонтальні апарати, особливо довгі й невеликого діаметра, встановлюють здебільшого на фундамент вантажопідйомними кранами або щоглами. Кількість кранів визначають масою й жорсткістю апарату.

Стропують апарат повітряного охолодження за рим-болти або штуцери, а без них – канатними петлями за корпус. При цьому можуть бути застосовані спеціальні пристрої(наприклад, траверси). Під час монтажу потрібно стежити за тим, щоб місця стропування не збігалися з посадковими поверхнями апарату.

Часто вантажопідйомні пристрої, що застосовують для монтажних робіт, залишають і для проведення подальшого ремонту.

Установку проектного апарату повітряного охолодження доцільно виконувати з використанням підйомних пристроїв.

Після установки апарату необхідно провести перевірку по відхиленням від проектних осей та відміток в горизонтальному та вертикальному напрямках.

На основі досвіду отримані допустимі відхилення по головним осям апарата, які повинні знаходитися в межах 0,02 м. Висотна відмітка змонтованого апарата не повинна перевищувати відхилення до 0,01 м. Відхилення апарата від осі горизонталі повинно знаходитися в межах 3 мм на 1м довжини, але не більше 0,035 м на весь апарат.

Перевірка правильності установки має проводитись з допомогою теодоліта, рівнеміра та відвіса.

Основне складання апарату відбувається на заводі – виробнику. На завод – замовник апарат постачається у вигляді таких складальних одиниць, як трубочатки,

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АБК
						67
ЗМН	АБК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

дифузора, бічних кришок та опорної рами. В комплект апарата входять також ущільнюючі та кріпильні деталі. Монтаж проводять на між поверхневих перекриттях технологічного цеху.

Складання апарату відбувається таким чином. Спочатку за допомогою стрілового самохідного крана встановлюється опорна рама, на яку за допомогою болтового з'єднання кріпиться трубчатка. Після чого кріпиться дифузор, до якого, за допомогою болтового з'єднання кріпиться вентилятор. Потім підводяться кришки. Вони прикріплюються фланцями до трубних решіток. Кріплення відбувається за допомогою болтового з'єднання.

При монтажі окремих частин апарата необхідно звернути увагу на розташування фланцевих з'єднань та їх відхилення від проектних відміток. Особливості монтажу комплектуючих деталей та агрегатів полягає в тому, щоб при монтажі співпадали всі роз'ємні з'єднання. Важливо, щоб співпадали з'єднання трубопроводів, які монтуються для приєднання насосів, кип'ятильників, конденсаторів та іншого теплообмінного обладнання.

Після закінчення монтажних робіт апарат має неодмінно пройти випробування. Спочатку проводять підготовчі роботи, пов'язані з оглядом та перевіркою стану всіх частин та вузлів апарата. При цьому особливу увагу необхідно звернути на присутність в конструкції арматури, приладів, кришок, заглушок, болтів, прокладок та інших деталей, які забезпечують герметичність системи. В програму випробувань входить гідравлічне та пневматичне випробування апарата разом з трубопроводами на тиск, який вказаний на кресленні. При випробуваннях виявляють герметичність та надійність роботи вентилів, кранів, клапанів та іншої арматури, а також щільність всіх роз'ємних з'єднань.

В деяких випадках проводять контрольне розбирання теплообмінного апарату. При цьому перевіряють наявність прокладок, комплектність знімних деталей, правильність їх взаємного розташування, наявність прокладок, комплектність знімних деталей, правильність їх взаємного розташування, наявність зазорів, відстань місць труб в трубних решітках.

					ЛН41.065342.001 ПЗ	Адж
						68
ЗМН	Адж	№ док.м.	Підпис	Дат		

Для безперебійної роботи устаткування необхідно слідкувати за постійним дотриманням правил технічної експлуатації, своєчасним виконання планово-попереджувальних ремонтів устаткування й наявність запасних частин для вузлів і деталей, які швидко зношуються. Особливу увагу слід приділяти контролю щодо виникнення корозії.

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АБК
						69
ЗМН	АБК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

7 Рівень стандартизації та уніфікації

Стандартизація - установлення і використання стандартів з метою упорядкування діяльності у визначеній області, економного використання ресурсів, дотримання вимог техніки безпеки, підвищення якості продукції і послуг.

Об'єктом стандартизації є продукція, норми, умови, строки, позначення, тощо, що мають перспективу багаторазового використання в науці, техніці, промисловості. Стандартизація істотно впливає на рівень та швидкість розвитку виробництва.

Основним завданням стандартизації є встановлення вимог до технічного рівня і якості продукції, сировини, матеріалів і комплектуючих, а також норм і вимог в області проектування й виготовлення продукції.

Уніфікація - приведення продукції і засобів виробництва або їх елементів до однієї форми, розмірів, структури, складу. В техніці і будівництві - раціональніше зменшення типових розмірів (марок, форм і т.д.) машинобудівельних і будівельних об'єктів однакового функціонального призначення. Уніфікація - це самий розповсюджений і самий ефективний метод стандартизації.

Головною метою уніфікації є зменшення великої кількості виробів, що мають однакове призначення й різноманітності їхніх складових; приведення до можливо більш повної одноманітності способів їхнього виготовлення, зборки й дослідження.

У процесі уніфікації виконуються принципи застосовності. Широке використання принципу уніфікації машин, устаткування приладів дозволяє значно скоротити обсяг конструкторських робіт і період проектування, скоротити строки виготовлення нового обладнання. Також використання принципу уніфікації дозволяє знизити ціну на освоєння нового обладнання, збільшити рівень механізації й автоматизації виробничих процесів шляхом збільшення серійності й організації спец виробництв.

					ЛН41.065342.001 ПЗ	Адж
						70
Змн	Адж	№ доквм.	Підпис	Дат		

Рівень стандартизації та уніфікації характеризується коефіцієнтом застосовності по деталях, визначаємо за методикою РД 33-74, затвердженій держстандартом України.

Рівень стандартизації та уніфікації визначає насичення виробу стандартизованими та уніфікованими деталями, та оцінюється відповідними коефіцієнтами.

Коефіцієнт стандартизації:

$$K_c = \frac{n_c}{N} = \frac{39}{49} = 0,74.$$

де n_c - кількість стандартних деталей, $n_c = 39$;

$n_{заг}$ - загальна кількість деталей, $n_{заг} = 49$.

Коефіцієнт уніфікації визначаємо із залежності [14] :

$$K_y = \frac{n_c + n_{ун}}{n_{заг}} = \frac{39 + 5}{49} = 0,9,$$

Висновок: даний апарат повітряного охолодження відповідає сучасним умовам стандартизації та уніфікації.

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АБК
						71
ЗМН	АБК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

8 Економічна частина проекту

Техніко-економічне обґрунтування згідно [15].

Теплообмінна апаратура складає значну частину технологічного обладнання в хімічній та суміжних галузях промисловості. Питому вагу на підприємствах хімічної промисловості теплообмінного обладнання складає в середньому 15 – 18%, в нафтохімії – 50%. Значна вага теплообмінного обладнання на хімічних підприємствах пояснюється тим, що майже усі основні процеси хімічної технології пов'язані з необхідністю підвода чи відводу теплоти. У зв'язку з цим необхідно підвищувати рівень конкурентоспроможності продукції вітчизняного хімічного машинобудування. Це неможливо без впровадження нових технологій, сучасних прогресивних конструкційних матеріалів, а також без технічного переозброєння.

Виходячи з цього, кожний технічний, організаційний чи господарський проект або будь – яке нововведення повинні бути ретельно обґрунтовані з економічної точки зору. Вище вказане в повній мірі стосується також дипломних проектів бакалаврів, що виконуються студентами інженерно – хімічного факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Економічна частина даного дипломного проекту має на меті зробити техніко-економічні обґрунтування доцільності модернізації конкретно обраного апарату (холодильник повітряний), який вирішує питання процесів теплообміну з найменшим збитком для навколишнього середовища. Такі апарати знайшли в даний час широке застосування в паротурбінних установках, хімічній, нафто- та газопереробній та і в інших галузях промисловості. Таким чином виконання робіт по удосконаленню конструкції апарату повітряного охолодження є досить актуальною проблемою, яке вимагає вирішення і яке може сприяти підвищенню ефективності виробництва.

При виконанні робіт по удосконаленню конструкції діючого апарату необхідно було обрати базисний зразок аналогічного апарату для порівняння їх техніко-економічних показників. В якості бази для порівняння обраний найбільш

					ЛН41.065342.001 ПЗ	Арк
						72
ЗМН	АРК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

сучасний холодильник повітряний. Такий базовий апарат має теплообмінну секцію у вигляді труб з вхідною та вихідною камерами, розподільчою камерою, дифузор, через який продувається вентилятором повітря.

Даний базовий холодильник має досить добрі експлуатаційні характеристики. Однак з нашої точки зору є цілий ряд невикористаних резервів, реалізація яких може суттєво підвищити експлуатації базисного апарату. З метою підвищення ефективності теплообміну в апараті пропонується виконати такі роботи по зміні конструкції апарату: замінити теплообмінну секцію, виготовлену із прямих оребрених труб на теплообмінні секції із змійовиків малого радіусу згину.

Таким чином виконані роботи дозволяють нам:

1) Підвищити ефективність теплообміну. Середовище, яке охолоджується під час руху в змійовиках піддається впливу відцентрових сил, направлених від стінки змійовика. Ці сили викликають вторинні потоки і збільшують інтенсивність теплообміну.

2) Термопластична теплообмінна поверхня у вигляді змійовика гарантує самокомпенсацію розширення її елементів при швидкому розігріві і звуження при охолодженні, що запобігає деформуванню прямих оребрених труб чи тріщин в місцях її кріплення.

3) Ремонтопридатність апарату забезпечена секціонуванням теплообмінної поверхні, що забезпечує легкий доступ до труб.

4) Технологічність конструкції дозволяє знизити трудомісткість і собівартість виробу при забезпеченні його високої ефективності та надійності.

Основні техніко-економічні показники базового та модернізованого апаратів представлено в табл. 8.1.

					ЛН41.065342.001 ПЗ	Адж
						73
ЗМН	Адж	№ док.м.	Підпис	Дат		

Таблиця 8.1 - Порівняльна характеристика базового та модернізованого холодильників

Назва показників	Одиниця вимірювання	Холодильник	
		До удосконалення	Після удосконалення
2	3	4	5
Продуктивність	м ³ /с	0,67	1,389
Кількість газойлю, що охолоджується	кг/с	10	10
Поверхня теплообміну	м ²	34,37	452
Тиск в трубному просторі апарату	МПа	0,26	0,6
Температура газойлю на вході	К	396	381
Температура газойлю на виході	К	373	343
Температура охолоджуючого повітря на вході	К	294	293
Температура охолоджуючого повітря на виході	К	321	303
Вартість холодильника	тис. грн.	122	119
Тривалість ремонтного циклу	років	7	10
Тип секції	-	оребрені труби	змійовики

Розрахунки витрат на проведення проектно-конструкторських робіт по модернізації повітряного холодильника

Удосконалення базового апарату розраховуємо у відповідності зі ступенем складності та обсягів проектно-конструкторської документації, яку необхідно розробити на етапи конструкторської підготовки.

Удосконалення діючого устаткування означає його вдосконалення з метою попередження або усунення фізичного зносу, техніко-економічного старіння та підвищення його технічних параметрів до рівня сучасних вимог.

Економічно доцільно здійснювати удосконалення устаткування під час проведення його капітального ремонту. Зазвичай модернізація устаткування хімічної, нафтопереробної та целюлозно-паперової галузей промисловості забезпечує збільшення його продуктивності на 10-18%, а здійснені згідно з нею витрати не перевищують половини вартості нових знарядь виробництва аналогічного призначення.

Розрахунки ефективності на проведення удосконалення устаткування полягають у визначенні коефіцієнта ефективності витрат n_{p_i} , який розраховується за формулою:

$$n_{p_i} = 1 - \frac{M_i + S_{e_i}}{K_{H_i} \alpha \beta + S_{a_i}},$$

де M_i - сукупні витрати на проведення модернізації устаткування, грн.; (поточних)

S_{e_i} - перевищення експлуатаційних витрат удосконаленого устаткування порівняно з новим аналогічним устаткуванням, грн;

K_{H_i} - оптова ціна придбання нового аналогічного устаткування, грн.;

α - коефіцієнт співвідношення продуктивності модернізованого устаткування та аналогічного нового устаткування;

β - коефіцієнт співвідношення тривалості ремонтного циклу модернізованого устаткування та аналогічного нового устаткування;

S_{a_i} - втрати від недоамортизації устаткування, яке підлягає модернізації.

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АДК
						75
ЗМН	АДК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

Розрахований по формулі 1 коефіцієнт n_{p_i} може мати позитивні, негативні або нульове значення.

Таблиця 8.2 - Значення коефіцієнту ефективності витрат n_{p_i} на модернізацію устаткування

Величина коефіцієнта n_{p_i}	Висновок щодо доцільності модернізації устаткування
$n_{p_i} > 0$	Модернізація устаткування з економічної точки зору доцільна
$n_{p_i} < 0$	Модернізація устаткування з економічної точки зору недоцільна. Доцільним є придбання нового устаткування.
$n_{p_i} = 0$	Рішення про модернізацію устаткування приймається, виходячи з конкретних виробничих обставин.

Сукупні витрати M_i на проведення модернізації устаткування складаються з таких окремих елементів а саме:

- матеріальні витрати (вартість сировини, матеріалів, комплектуючих виробів та енергоносіїв, які необхідні для виконання модернізації);
- витрати на оплату праці (заробітна плата розробників конструкторської та технологічної документації; заробітна плата основних робітників, які виконують роботи по модернізації устаткування; відрахування на соціальне страхування);
- амортизація, яка нарахована на діюче устаткування, яке підлягає модернізації;
- інші види витрат.

З достатньою для розрахунків точністю, яка базується на практичних даних підприємств хімічного машинобудування, величина сукупних витрат M_i на модернізацію устаткування може бути розрахована по формулі:

$$M_i = \Phi_{i_{\text{перв}}}^{\text{мод}} \cdot K_i$$

де $\Phi_{i_{\text{перв}}}^{\text{мод}}$ – первісна (відновлена) вартість устаткування, яке підлягає модернізації. *

K_i - коефіцієнт витрат, величина якого залежить від виду і типу устаткування, яке підлягає модернізації. Рекомендовані величини коефіцієнтів K_i приведені в табл. 3

Модернізоване устаткування у процесі подальшої експлуатації, як правило, вимагає більш високих експлуатаційних (поточних) витрат у порівнянні з аналогічним новим устаткуванням.

Згідно даних підприємств, де експлуатується аналогічне обладнання, первісна вартість холодильника повітряного $\Phi_{\text{перв}}^{\text{мод}} = 122000$ грн.

Величина коефіцієнта витрат на модернізацію K_i

$$K_i = 0,06.$$

Таким чином величина витрат для проведення модернізації холодильника повітряного становить:

$$M_i = 122000 \cdot 0,06 = 7320 \text{ грн.}$$

Експлуатаційні (поточні) витрати при роботі устаткування складаються з таких витрат:

- витрати паливно-мастильних матеріалів;
- витрати на придбання та виготовлення необхідних запасних частин;
- витрати на оплату праці ремонтного персоналу;
- інші поточні експлуатаційні витрати.

З достатнім для розрахунків ступенем точності, який базується на практичних даних підприємств хімічного машинобудування, величина перевищення експлуатаційних (поточних) витрат по модернізованому устаткуванню порівняно з новим аналогічним устаткуванням S_{ei} може бути розрахована по формулі:

$$S_{ei} = q_{b_i} \cdot \Phi_{\text{перв}}^{\text{мод}} - q_{b_n} \cdot \Phi_{\text{перв}}^{\text{нов}}$$

де q_{b_i} – коефіцієнт експлуатаційних (поточних) витрат устаткування, яке

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АДК
						77
ЗМН	АДК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

підлягає модернізації;

q_{b_n} – коефіцієнт експлуатаційних (поточних) витрат аналогічного нового устаткування;

$\Phi_{\text{перв}}^{\text{нов}}$ – первісна вартість нового (аналогічного) устаткування. *

Таким чином розраховуємо величину перевищення поточних витрат по модернізованому устаткуванню порівняно з новим аналогічним устаткуванням:

$$S_{e_i} = 0,12 \cdot 119000 - 0,10 \cdot 122000 = 2080 \text{ грн.}$$

Примітка: Згідно даних, які вміщують інтернет-відомості вартість нового аналогічного устаткування складає $\Phi_{\text{перв}}^{\text{нов}} = 119000 \text{ грн.}$

Коефіцієнт співвідношення продуктивності модернізованого устаткування та аналогічного нового устаткування α розраховується по формулі

$$\alpha = \frac{\Pi_i}{\Pi_{\text{нов}}}$$

де Π_i – продуктивність або інший один з найбільш важливих показників, який характеризує роботу устаткування, яке підлягає модернізації;

$\Pi_{\text{нов}}$ – продуктивність або інший один з найбільш важливих показників, який характеризує роботу аналогічного нового устаткування.

$$\alpha = \frac{0,67}{1,389} = 0,48$$

Коефіцієнт співвідношення тривалості ремонтного циклу модернізованого устаткування та аналогічного нового устаткування β розраховується по формулі:

$$\beta = \frac{T_{\text{мод}}}{T_{\text{нов}}} = \frac{10}{7} = 0,7,$$

де $T_{\text{мод}}$ – тривалість ремонтного циклу устаткування, яке підлягає модернізації;

$T_{\text{нов}}$ – тривалість ремонтного циклу аналогічного нового устаткування.

Тривалість ремонтного циклу устаткування – це період часу між двома капітальними ремонтами устаткування, або тривалість часу між придбанням

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АДК
						78
ЗМН	АДК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

устаткування та першим капітальним ремонтом. В якості показників ремонтного циклу можуть також використовуватися показники виробітку продукції між двома капітальними ремонтами устаткування та інші аналогічні показники.

$$\beta = 0,95.$$

Підставляючи всі знайдені величини у формулу (1), необхідно отримати величину коефіцієнта ефективності витрат n_{pi} , розрахункова величина якого дає нам змогу зробити висновки щодо доцільності проведення модернізації обраного в дипломному проекті устаткування.

$$n_{pi} = 1 - \frac{7320 + 2080}{119000 \cdot 0,94 \cdot 0,7 + 12000} = 0,895.$$

Тобто розраховане значення $n_{pi} < 1$, а це значить, що модернізація холодильника повітряного є економічно доцільна. Вибраний холодильник відповідає всім сучасним вимогам.

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АДК
						79
ЗМН	АДК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

Висновки

В дипломному проекті освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» на тему “модернізація апарату повітряного охолодження установки вісбрекінгу” модернізований апарат повітряного охолодження для технологічної схеми установки вісбрекінгу. Модернізація полягає підвищенні надійності роботи апарата за рахунок того, що трубні решітки приєднані до бокових стінок за допомогою пружин та бокові кришки кріпляться до опори болтовим з’єднанням, при чому принаймні в одному елементі отвори під болти виконані у формі овалу.

Робота включає розрахунково-пояснювальну записку яка містить: опис технологічної схеми установки вісбрекінгу; технічну характеристику теплообмінника, вибір і описання конструкції апарату. Для обґрунтованого вибору конструкції проведений патентний пошук та порівняння обраної конструкції з аналогами. За результатами проведенного пошуку подана заявка на корисну модель апарата повітряного охолодження.

Проведені розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції. Виконаний тепловий розрахунок, гідравлічний розрахунок, а також розрахунки на міцність основних вузлів та деталей апарата (визначення товщини стінки обичайки та кришок, розрахунок фланцевого з’єднання, розрахунок трубної решітки, розрахунок опор). Розрахунки на міцність виконані згідно діючих державних та галузевих стандартів.

Графічна частина проекту включає чотири креслення формату А1, що містять: технологічну схему установки вісбрекінгу, складальне креслення теплообмінника та креслення складальних одиниць та деталей. До складальних креслень складені специфікації.

Також наведені рекомендації щодо монтажу та експлуатації розробленого апарата і рівень стандартизації та уніфікації.

Результати роботи обговорено на XXII та XXIV науково-практичних конференціях студентів, аспірантів і молодих вчених “Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів” та отримано деклараційний патент на корисну модель.

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АБК
						80
ЗМН	АБК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

Выводы

В дипломном проекте образовательно-квалификационного уровня «Бакалавр» на тему “модернизация аппарата воздушного охлаждения висбрекинг установки” модернизированный аппарат воздушного охлаждения висбрекинг установки. Модернизация заключается повышении надежности работы аппарата за счет того, что трубные решетки присоединены к боковым стенкам с помощью пружин и боковые крышки крепятся к опоре болтовым соединением, причем по крайней мере в одном элементе отверстия под болты выполнены в форме овала.

Работа включает расчетно-пояснительная записку, которая содержит: технологическую схему висбрекинг установки; техническую характеристику теплообменника; выбор и описание конструкции аппарата. Для обоснованного выбора конструкции проведен патентный поиск и сравнение выбранной конструкции с аналогами. По результатам проведенного поиска подана заявка на полезную модель аппарата воздушного охлаждения.

Проведенные расчеты, которые подтверждают работоспособность и надежность конструкции. Выполнен тепловой расчет, гидравлический расчет, а также расчеты, на прочность основных узлов и деталей аппарата (определение толщины стенки обечайки и крышки, расчет фланцевого соединения, расчет трубной решетки, расчет опор). Расчеты на прочность выполнены согласно действующих государственных и отраслевых стандартов.

Графическая часть проекта включает четыре чертежа формата А1, которые содержат: технологическую схему висбрекинг установки, сборочный чертеж теплообменника и чертеж сборочных единиц и деталей. К сборочным чертежам составлены спецификации.

Также приведенные рекомендации относительно монтажа и эксплуатации разработанного аппарата и уровень стандартизации и унификации.

Результаты работы обсуждены на XXIIиXXIVнаучно-практических конференциях студентов, аспирантов и молодых ученых ”Оборудование химических производств и предприятий строительных материалов” и

					ЛН41.065342.001 ПЗ	Адж
						81
ЗМН	Адж	№ доквм.	Підпис	Дат		

получен декларационный патент на полезную модель.

Conclusion

In the diploma project of the educational qualification level "Bachelor" on the theme "modernization of the air cooling apparatus of the visbreaking plant", a modernized air cooling apparatus for the technological scheme of the installation of the visbreak. The modernization consists in increasing the reliability of the apparatus due to the fact that the pipe grilles are attached to the side walls with the help of springs and the side covers are attached to the support by a bolted connection, in which at least one hole in the bolts are in the form of an oval.

The work includes explanatory and calculation report which has description technological scheme of cooling caskets with radioactive waste; technical characteristic of the heat exchanger, selection and description of the apparatus construction. There was conducted a patent search and comparison of the chosen construction with analogues for validity of the construction selection.

The calculation was made, which confirms efficiency and reliability of the construction. There were made heat, hydraulic calculations and computation for strength of main components and parts of the device (definition of housing and lid thickness, calculation of flange connection, calculation of tube plate and calculation of supports). The strength calculations were made according to the operating state and branch standards.

The graphic part of the work includes four drawings of A1 format, which show: technological scheme visbreaking installation, assembling drawing of the heat exchanger and drawings of the main details and parts. Specifications to the assembling drawings were conducted.

Recommendations for installation and exploitation of the designed project and level of standardization and unification were also shown.

The results of the work were discussed at XXII and XXIV scientific conferences of students, postgraduate students and young scientists "Equipment of chemical productions and building materials enterprises"

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АДК
						83
ЗМН	АДК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

Перелік посилань

1. Інтернет ресурс <http://proofoil.ru>
2. Пат. №107449297 (CN), МПК7 F28D 1/04. Апарат повітряного охолодження / Чжао Джиан Цзоу. – Заявка № 201710847923.4 , 2017.09.19; Опубл. 2017.09.19, Бюл.№ 6.
3. Пат. №107421357 (CN) , МПК7 F24F 3/14. Апарат повітряного охолодження /Цзинь Эйгуо Яо. – Заявка №2017100647668.9, 2017.08.01; Опубл. 2017.12.01, Бюл.№26.
4. Пат. №10-1823530(KR), МПК7 F28D 7/00. Теплообмінна збірка холодильника /Чан Сию Цю. – Заявка №20077147188 , 2018.01.24; Опубл. 2018.01.30, Бюл.№ 16.
5. Пат. №106837516 (CN), МПК7 F28D 7/00. Апарат повітряного охолодження / Мао Минж Гун. – Заявка №201710230337.5 , 2017.04.10; Опубл. 2017.06.13, Бюл.№ 8.
6. Пат. №106895714 (CN), МПК7 F28D 7/00. Апарат повітряного охолодження / Цзинь Ксиаози Лю. – Заявка №201710232398/3 , 2017.04.11; Опубл. 2017.06.27, Бюл.№ 10.
7. Основи охорони праці/ [Ткачук К.Н., Халімовський М.О., Зацарний В.В. та ін.]; під ред. К.Н. Ткачука і М.О. Халімовського. —[2 – е вид.]. — Київ: Основа, 2006. – 448 с.
8. Кузнецов А. А., Кагерманов С. М., Судаков Е. Н., Расчеты процессов и аппаратов нефтеперерабатывающей промышленности. «Химия», 1974
9. Нефтепродукты и свойства. Качество применения. Справочник под редакцией Лосикова. М. Химия, 1966.
10. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. Лашинский А. А. Толчинский А. Р., – Л., «Машиностроение», 1970. 752 стр.
11. Михалев М. Ф. и др. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. – Л.: Машиностроение, 1984. 301с.
12. Писаренко Г. С. Опір матеріалів. Вища школа, 1993.

					ЛН41.065342.001 ПЗ	Адж
						84
ЗМН	Адж	№ док-м.	Підпис	Дат		

13.Лашинский А. А. Конструирование сварны химических аппаратов: Справочник., – Л.: Машиностроение. 1981. – 382 с., пл.

14. Плановский А.Н., Рамм В.М., Каган С.З. Процессы и аппараты химической технологии. -М:Химия 1982. – 848 с

15.А. М. Задольський. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломних проектів бакалаврів (для студентів інженерно – хімічного факультету). Київ, 2010 р. – 27 с.

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АБК
						85
ЗМН	АБК	№ док.ум.	Підпис	Дат		

Додаток А

Документація до патентного дослідження

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АБК
						86
ЗМН	АБК	№ доквм.	Підпис	Дат		

РЕГЛАМЕНТ ПОШУКУ № ЛН41

Найменування теми Апарат повітряного охолодження шифр теми ЛН41.065211.000

Етап Проектування апарата та його складових частин

Номер, дата завдання на проведення на проведення патентних досліджень ЛН41, 07.02.2018

Обґрунтування регламенту пошуку Предмет пошуку – Апарат повітряного охолодження (Об'єктом пошуку є винаходи та корисні моделі).

Мета пошуку інформації – визначення патентної ситуації щодо апаратів повітряного охолодження (визначення патентоздатності проєктованого апарата й визначення тенденцій розвитку даного напрямку в техніці).

Визначення держав пошуку. Встановлюємо такі держави пошуку: Україна, Російська Федерація, США, Велика Британія, Канада, Японія .

Ретроспективність. Регламент пошуку встановлюємо такий: 2017-2018.

Класифікаційні індекси. Міжнародна патентна класифікація: МПК7 – B01 F28.

Уніфікована десятикова класифікація УДК 347.77/78.

Джерела інформації. 1) патентна інформація: описи до винаходів, офіційні патентні бюлетені Держпатенту України, Роспатенту; 2) науково-технічна інформація: підручники й навчальні посібники з курсу процесів та апаратів хімічного та нафтопереробного виробництва; 3) інтернет ресурси: <http://ep.espacenet.com/>, <http://www.uipv.org>, <http://uapatents.com>, www.freepatent.ru/, <http://www1.fips.ru/>,.

Початок пошуку 07.02.2018 Закінчення пошуку 17.04.2018

В таблиці А.1 представлено регламент пошуку.

Таблиця А.1– Регламент пошуку (форма Б.1 згідно з ДСТУ 3575-97)

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Мета пошуку інформації	Держава пошуку	Класифікаційні індекси: МПК, НПК, МКПЗ, МКТП, УДК	Ретро-спективність пошуку	Джерела інформації
Тепло-обмінний апарат	Визначення патентної чистоти проектуємого апарату та визначення тенденцій розвитку даного напрямку в промисловості	Україна, Російська Федерація, США, Англія, Канада	МПК7 F 25 B11/00 Int.Cl.5 F25B 9/00 УДК 66.045.1	2017-2018	Національні й зарубіжні офіційні бюлетені, описи винаходів і корисних моделей; РЖ ВНИИПИ: “Химическое, нефтеперерабатывающее и полимерное машиностроение” Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию. /Г. С. Борисов, В. П. Брыков, Ю. И. Дытнерский и др/

В таблиці А.2 представлено джерела інформації, використані під час проведення пошуку.

Таблиця А.2 – Джерела інформації, використані під час проведення пошуку

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Держава пошуку	Класифікаційні індекси	Інформаційна база, використана під час пошуку	Бібліографічні дані першого та останнього за хронологією джерела інформації	
				патентна інформація	інша науково-технічна інформація
Повітряний холодильник	Україна, Російська Федерація, США, Велика Британія, Німеччина, Франція, Японія	МПК7 F 25B11/00 Int.Cl.5 F25B9/00 УДК 66.045.1	Фонд НТУУ “КПІ” Державний патентний фонд бази даних об’єктів промислової власності, до яких надається безоплатний доступ в Інтернеті http://ep.espace.net.com/ , http://www.uipv.org , http://uapate.nts.com , www.freepatent.ru/ , http://www1.fips.ru/	Описи винаходів патентів України № 160000. Описи корисних моделей патентів України № 1-2000. Описи винаходів патентів Російської Федерації №2000000-2180000.	Плановский А.Н., Николаев П.И. «Процессы и аппараты химической и нефтехимической М.: Химия, 1987; Навчальні звіти про НДР і ДКР; УРЖ "Хімічна промисловість України"

В таблиці А.3 представлено патентну документацію, відібрану для подальшого аналізу.

Таблиця А.3 – Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД, його складові частини	Документи на об'єкти промислової власності	
	бібліографічні дані	відомості щодо їхньої дії
Повітряний холо- дильник	Пат. №107449297 (CN), МПК7 F28D 1/04. Апарат повітряного охолодження / Чжао Джиан Цзоу. – Заявка №201710847923.4 , 2017.09.19; Опубл. 2017.09.19, Бюл.№ 6.	Діє
Повітряний холо- дильник	Пат. №107421357 (CN), МПК7 F24F 3/14. Апарат повітряного охолодження/Цзинь Эйгуо Яо. – Заявка №2017100647668.9, 2017.08.01; Опубл.2017.12.01, Бюл.№26.	Діє
Повітряний холо- дильник	Пат. №10-1823530(KR), МПК7 F28D 7/00. Теплообмінна збірка холодильника /Чан Сию Цю. – Заявка №20077147188 ,2018.01.24; Опубл.2018.01.30, Бюл.№ 16.	Діє
Повітряний холо- дильник	Пат. №106837516 (CN), МПК7 F28D 7/00. Апарат повітряного охолодження /Мао Минж Гун. – Заявка №201710230337.5,2017.04.10; Опубл.2017.06.13, Бюл.№ 8.	Діє
Повітряний холо- дильник	Пат. №106895714 (CN), МПК7 F28D 7/00. Апарат повітряного охолодження /Цзинь Ксиаози Лю. – Заявка №201710232398/3,2017.04.11; Опубл.2017.06.27, Бюл.№ 10.	Діє

В таблиці А.4 представлено іншу науково-технічну документацію, відібрану для подальшого аналізу.

Таблиця А.4 – Інша науково-технічна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД, його складові частини	Джерела інформації	Бібліографічні дані
Повітряний холо-дильник	Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию. /Г. С. Борисов, В. П. Брыков, Ю. И. Дытнерский и др/ под ред Ю. И Дытнерского.	М.: Химия, 1973. 756 с Приложение 10
Повітряний холо-дильник	Плановкий А. Н., Николаев П. И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии	М.: Химия, 1972. - 496 с рис. 10-5

Висновок: в результаті проведених патентних досліджень було встановлено, що метою винаходів є збільшення продуктивності апарата.

Важливою метою винаходу є спрощення конструкції і розширення технологічних можливостей теплообмінника, а також розширення області його застосування.

В розробленій конструкції не використовуються рішення запропоновані в патентах.

Пропонований апарат відповідає умовам патентоздатності винаходу (корисної моделі) через те, що: декілька суттєвих ознак найближчого аналога не використано в проектованому апараті, що підтверджується заявкою на патент; згідно з законом України “ Про охорону прав на винаходи і корисні моделі “ конструкція проектованого плівкового випарного апарату відповідає критерію “винахідницький рівень”.

					ЛН41.065342.001 ПЗ	Арк
						91
ЗМН	АРК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

Дотаток Б.

Комп'ютерний розрахунок елементів холодильника

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АБК
						92
ЗМН	АБК	№ док.м.	Підпис	Дат		

Додаток Б

На рисунку Б.1 представлено алгоритмічну схему перевірного розрахунку фланцевого з'єднання.

У блоці 1 вводяться дані, необхідні для розрахунку, а в блоці 2 проводиться розрахунок допоміжних величин, та розрахунок болтів фланцевого з'єднання за формулами (5.32) – (5.63), після чого перевіряються умови міцності болтів (5.64) та (5.65). Якщо хоча б одна умова не виконується виводиться повідомлення «умови міцності не виконується», в іншому випадку виводиться повідомлення «умови міцності виконується» (блоки 5-5).

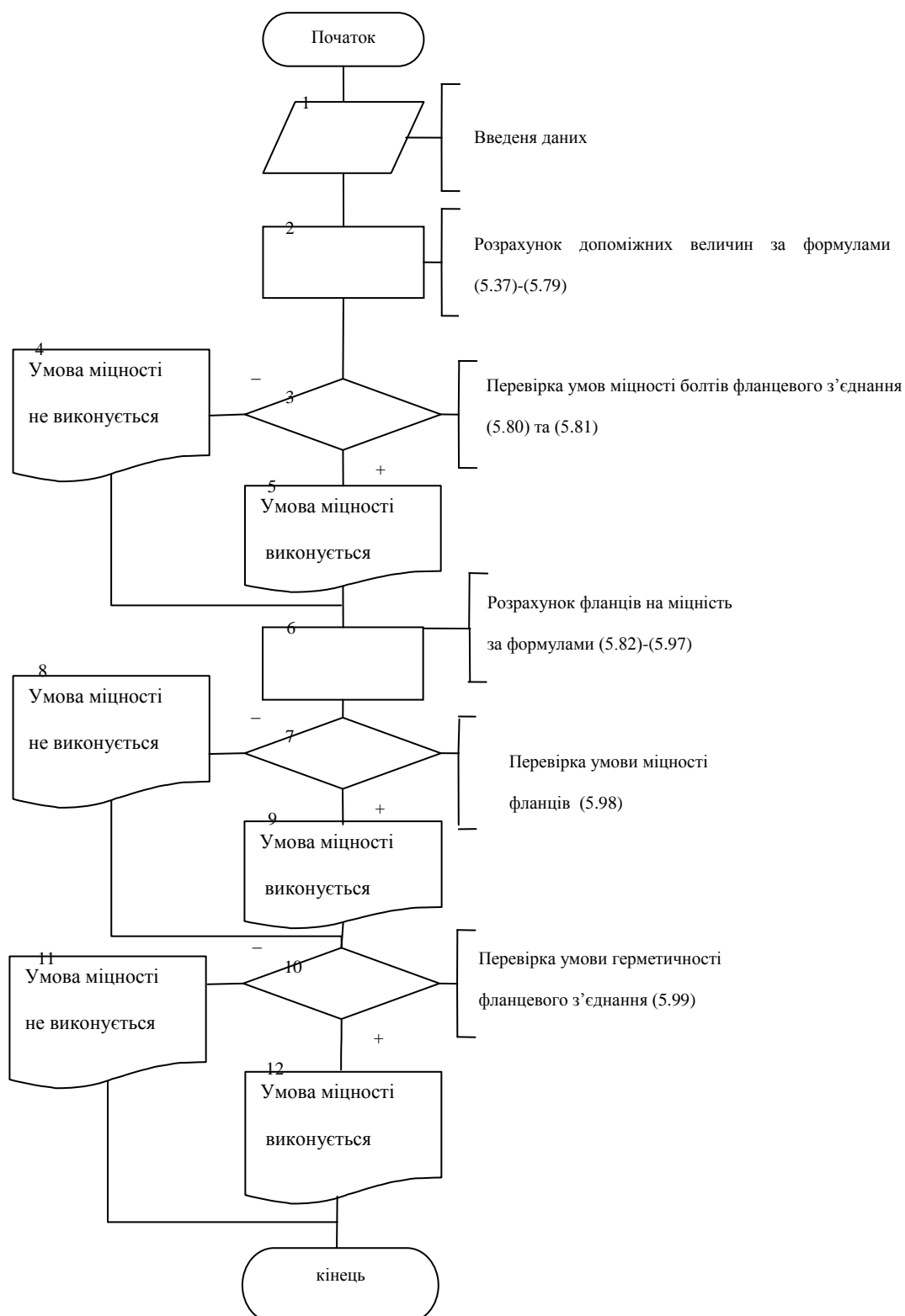
В блоці 6 виконується розрахунок фланців на міцність за формулами (5.32) – (5.63). Потім перевіряється умови міцності (5.64). Якщо умови не виконується виводиться повідомлення «умови міцності не виконується», в іншому разі виводиться повідомлення «умови міцності виконується» (блоки 7-9).

Ділі перевіряється умови герметичності (5.65). Якщо умова не виконується виводиться повідомлення «умови герметичності не виконується», в іншому разі виводиться повідомлення «умови герметичності виконується» (блоки 10-12).

Якщо умови міцності та умови герметичності виконуються, то фланцеве з'єднання задовольняє умовам експлуатації апарату. В іншому разі необхідно вжити відповідних заходів (змінити матеріал фланців або болтів на матеріал з вищими механічними властивостями, збільшити кількість болтів, змінити матеріал та розміри прокладки тощо) і повторити перевірочний розрахунок.

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АБК
						93
ЗМН	АБК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

Рисунок Б.1 - Алгоритмічна схема перевірного розрахунку фланцевого з'єднання



В таблиці Б.1 представлено ідентифікатори програми перевірного розрахунку фланцевого з'єднання.

Таблиця Б.1 - Перелік ідентифікаторів

Найменування величини	Позначення	Ідентифікатор	Розмірність
1	2	3	4
Внутрішній надлишковий тиск	P	pn	МПа
Діаметр фланця	D_{ϕ}	Df	м
Діаметр болтового кола	D_B	Db	м
Внутрішній діаметр циліндричної обичайки	D	D	м
Зовнішній діаметр прокладки	D_p	D_{Π}	м
Кількість болтів	z	z	
Діаметр різьби болта	d_b	db1	м
Товщина першого фланця	h_1	hf1	м
Товщина другого фланця	h_2	hf2	м
Товщина прокладки	h	h	м
Ширина прокладки	b	b	м
Прокладочний коефіцієнт	m	m	
Питоме зусилля зминання прокладки	q	q	МПа
Допустиме напруження матеріалу фланців при $t=20^{\circ}$	$[\sigma]_{\text{тф}}^{20}$	sigmaf20	МПа
Допустиме напруження матеріалу фланців при розрахунковій температурі	$[\sigma]_{\text{тф}}^t$	sigmaft	МПа
Модуль пружності матеріалу фланців при $t=20^{\circ}$	E^{20}	Ef20	МПа
Модуль пружності матеріалу фланців при розрахунковій температурі	E^t	Eft	МПа
Коефіцієнт лінійного розширення матеріалу фланців	α_{ϕ}	alfaft	K^{-1}

Програма та результати перевірного розрахунку фланцевого з'єднання.

Дано

$S_0 := 0.06$	Товщина стінки апарата
$D_p := 0.06$	Зовнішній діаметр прокладки
$b := \frac{0.07 - 0.039}{2} = 0.016$	Ширина прокладки
$h := 0.002$	товщина проклаки
$p := 0.6$	Внутрішній надлишковий тиск
$P := 0$	Зовнішня розтягуюча сила
$q := 20$	Мінімальний тиск
$q_p := 130$	допустиме питоме навантаження зминання
$E_p := 2000$	Модуль пружності
$t_f := 108$	Температура фланців
$t_b := 0.97 \cdot t_f = 104.76$	Температура болтів
$h_{f1} := 0.013 + 0.004 = 0.017$	Товщина фланців
$h_{f2} := 0.013 + 0.012 = 0.025$	
$D_b := 0.09$	Діаметр болтового кола
$D_f := 0.12$	Зовнішній діаметр
$D := 0.039$	Внутрішні діаметр
$Z_b := 4$	Кількість болтів
$E_{f1} := 1.9 \cdot 10^5$	Модуль пружності для 1 фланця
$E_{f2} := 1.9 \cdot 10^5$	Модуль пружності для 2 фланця
$d_0 := 10.106 \cdot 10^{-3}$	Внутрішній діаметр різьби болтів
$E_b := 1.999048 \cdot 10^5$	Модуль пружності болтів
$m := 2.5$	Коефіцієнт
$B_b := 230$	допустимі напруження
$\alpha_{tb} := 13.1 \cdot 10^{-6}$	Коеф відносного лінійного розширення
$\alpha_{tf} := 12.2 \cdot 10^{-6}$	

1 Відношення більшої товщини втулки до меншої

$$\beta := 1$$

2 Середній діаметр прокладки

$$D_{cp} := D_p - b = 0.045$$

3 Ефективна ширина прокладки

$$\text{При } b > 0.015 \text{ м} \quad b_e := 0.06 \cdot \sqrt{b} = 7.47 \times 10^{-3}$$

4 Конструктивний коефіцієнт для фланців

$$K_f := \frac{D_f}{D} = 3.077$$

5 Конструктивні коефіцієнти для фланців

$$\lambda_{f1} := \frac{h_{f1}}{\sqrt{D \cdot S_0}} = 0.351$$

$$\lambda_{f2} := \frac{h_{f2}}{\sqrt{D \cdot S_0}} = 0.517$$

6 Поправковий коефіцієнт для фланців

$$\psi_{1f} := 1.28 \cdot \log(K_f) = 0.625$$

7 Поправковий коефіцієнт для фланців

$$\psi_{2f} := \frac{(K_f + 1)}{(K_f - 1)} = 1.963$$

8 Поправковий коефіцієнт для перерізу

$$\psi_3 := 1$$

9 Геометричні параметри фланців

$$J_{f1} := \frac{h_{f1}}{S_0} = 0.283$$

$$J_{f2} := \frac{h_{f2}}{S_0} = 0.417$$

10 Безрозмірний параметр фланців

$$T_f := \frac{K_f^2 \cdot (1 + 8.55 \cdot \log(K_f)) - 1}{(1.05 + 1.95 \cdot K_f^2) \cdot (K_f - 1)} = 1.184$$

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АБК
						97
ЗМН	АБК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

11 Безрозмірні параметри фланців

$$\omega_{f1} := \left[1 + 0.9 \cdot \lambda_{f1} \cdot \left(1 + \psi_{1f} \cdot J_{f1}^2 \right) \right]^{-1} = 0.751$$

$$\omega_{f2} := \left[1 + 0.9 \cdot \lambda_{f2} \cdot \left(1 + \psi_{1f} \cdot J_{f2}^2 \right) \right]^{-1} = 0.66$$

12 Кутова піддатливість фланців

$$Y_{f1} := \frac{[1 - \omega_{f1} \cdot (1 + 0.9 \cdot \lambda_{f1})] \cdot \psi_{2f}}{h_{f1}^3 \cdot E_{f1}} = 0.025$$

$$Y_{f2} := \frac{[1 - \omega_{f2} \cdot (1 + 0.9 \cdot \lambda_{f2})] \cdot \psi_{2f}}{h_{f2}^3 \cdot E_{f2}} = 0.022$$

13 Розрахункова довжина болтів фланцевого з'єднання

$$L_b := h_{f1} + h_{f2} + h + 0.28 \cdot D_b = 0.069$$

Приймаємо довжину болтів $\underline{L_b} := 0.08$

14 Лінійна піддатливість прокладки

Неметалевої

$$Y_p := \frac{h}{(\pi D_{cp} \cdot b \cdot E_p)} = 4.615 \times 10^{-4}$$

Металевої

$$Y_{pm} := 0$$

15 Площа поперечного перерізу болта

$$F_b := 0.785 \cdot d_0^2 = 8.017 \times 10^{-5} \text{ м}^2$$

16 Лінійна піддатливість болтів

$$Y_b := \frac{L_b}{(E_b \cdot F_b \cdot Z_b)} = 1.248 \times 10^{-3}$$

17 Параметр жорсткості фланцевого з'єднання

$$A_f := [Y_p + Y_b + 0.25 \cdot (Y_{f1} + Y_{f2}) \cdot (D_b - D_{cp})]^{-1} = 445.511$$

18 параметри жорсткості фланців

$$B_{f1} := Y_{f1} \cdot (D_b - D - S_0) = -2.254 \times 10^{-4}$$

$$B_{f2} := Y_{f2} \cdot (D_b - D - S_0) = -1.981 \times 10^{-4}$$

19 Безрозмірний коефіцієнт фланцевого

$$\zeta := A_f \cdot Y_b = 0.556$$

20 Безрозмірний коефіцієнт жорсткості

$$\alpha_f := A_f \cdot [Y_b + 0.25 \cdot (B_{f1} + B_{f2}) \cdot (D_b - D_{cp})] = 0.554$$

Б Розрахунок болтів фланцевого з'єднання

21 Рівнодіюча внутрішнього тиску

$$Q_g := 0.785 \cdot D_{cp}^2 \cdot p = 9.327 \times 10^{-4}$$

22 реакція прокладки в робочих умовах

$$R_p := 2 \cdot \pi \cdot D_{cp} \cdot b_e \cdot m \cdot p = 3.133 \times 10^{-3}$$

23 Зусилля що виникає від температурної деформації фланцевого з'єднання

$$Q_{tf} := \zeta \cdot Z_b \cdot F_b \cdot E_b \cdot (\alpha_{tf} \cdot t_f - \alpha_{tb} \cdot t_b) = -1.952 \times 10^{-3}$$

24 Монтажне болтове навантаження фланцевого з'єднання за різних умов розрахунку

$$P_{b11} := \pi \cdot D_{cp} \cdot b_e \cdot q = 0.021$$

$$P_{b12} := \alpha_f \cdot (Q_g + P) + R_p + \frac{4 \cdot M}{D_{cp}} = 3.649 \times 10^{-3} \quad M := 0$$

$$P_{b13} := 0.4 \cdot B_b \cdot Z_b \cdot F_b = 0.03$$

25 Розрахункове навантаження на болти

$$P_{b1} := P_{b13} = 0.03$$

26 Умова міцності прокладки

$$P_{b1} \leq q$$

$$\frac{P_{b1}}{(\pi \cdot D_{cp} \cdot b)} = 13.616 \quad q = 20$$

$$16.5 < 20$$

Умова міцності иконується

					ЛН41.065342.001 ПЗ	АБК
						99
ЗМН	АБК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

27 Болтове навантаження

$$F_b \cdot Z_b \cdot F_b - \zeta \cdot Z_b \cdot F_b \cdot E_b > P_{b2}$$

$$P_{b2} := P_{b1} + (1 - \alpha_f) \cdot (Q_g + P) + Q_{tf} = 0.028$$

29 розрахункове навантаження на болти

$$P_{bf} := P_{b2} = 0.028$$

30 напруження розтягання в болтах за умов монтажу

$$B_{20b} := \frac{P_{b1}}{Z_b \cdot F_b} = 92 \quad d_b := 12 \cdot 10^{-3}$$

31 напруження розтягання в болтах

$$B_{tb} := \frac{P_{b2}}{Z_b \cdot F_b} = 87.212 \quad P_{b2} = 0.028$$

32 Скручуючий момент що виникає від розтягування гайок

$$M_{ckr} := F_1 \cdot \frac{P_{b1}}{Z_b} \cdot d_b = 8.851 \times 10^{-6}$$

33 Дотичне напруження в болтах

$$\tau_b := \frac{M_{ckr}}{0.2 \cdot d_0^3} = 42.877$$

34 еквівалентні напруження

$$B_{20b} := \sqrt{B_{20b}^2 + 3 \cdot \tau_b^2} = 118.235$$

$$B_{tb} := \sqrt{B_{tb}^2 + 3 \cdot \tau_b^2} = 114.549$$

35 Умови міцності

$$514.273 < 230$$

					ЛН41.065342.001 ПЗ	Арк
						100
ЗМН	АРК	№ ДОКУМ.	Підпис	Дат		

Розрахунок фланців на міцність

36 Приведений згинаючий момент в діаметральному перерізі

$$M_{01f} := 0.5 \cdot P_{b1} \cdot (D_b - D_{cp}) = 6.712 \times 10^{-4}$$

37 Приведений згинаючий момент

$$M_{02f} := 0.5 \cdot [P_{b2} \cdot (D_b - D_{cp}) + Q_g \cdot (D_{cp} - D - S_0)] \cdot \frac{B_b}{B_b} = 6.109 \times 10^{-4}$$

38 розрахунковий згинаючий момент

$$M_{0f} := M_{01f} = 6.712 \times 10^{-4}$$

39 максимальні напруження в перерізі

$$B_{0f1} := \Psi_3 \cdot \frac{T_f \cdot M_{0f} \cdot \omega_{f1}}{D \cdot (S_0 - C)^2} = 1.731$$

$$B_{0f2} := \frac{T_f \cdot M_{0f} \cdot \omega_{f2}}{D \cdot (S_0 - C)^2} = 1.522$$

40 Максимальні кільцеві напруження в дисках

$$B_{kf1} := \frac{M_{0f} \cdot [1 - \omega_{f1} \cdot (1 + 0.9 \cdot \lambda_{f1})] \cdot \psi_{2f}}{D \cdot h_{f1}^2} = 0.548$$

$$B_{kf2} := \frac{M_{0f} \cdot [1 - \omega_{f2} \cdot (1 + 0.9 \cdot \lambda_{f2})] \cdot \psi_{2f}}{D \cdot h_{f2}^2} = 0.709$$

41 Кільцеве та меридіональне напруження

$$B_{xf1} := \frac{p \cdot D}{2 \cdot (S_0 - C)} = 0.503$$

$$B_{xf2} := B_{xf1}$$

					ЛН41.065342.001 ПЗ	Арк
						101
ЗМН	Арк	№ док.м.	Підпис	Дат		

42 Еквівалентні напруження в перерізі циліндричної втулки

$$\sigma_{ef1} := \sqrt{(\sigma_{of1} + \sigma_{yf1})^2 + \sigma_{xf1} - (\sigma_{of1} + \sigma_{yf1}) \cdot \sigma_{xf1}} = 1.854$$

$$\sigma_{ef2} := \sqrt{(\sigma_{of2} + \sigma_{yf2})^2 + \sigma_{xf2} - (\sigma_{of2} + \sigma_{yf2}) \cdot \sigma_{xf2}} = 1.66$$

43 Умови міцності

$$0.003 \cdot \sigma_{ef1} = 570$$

$$1.854 \leq (0.003 \cdot \sigma_{ef1})$$

$$1.66 \leq (0.003 \cdot \sigma_{ef1})$$

Умови міцності виконуються

Результати розрахунку за програмою розрахунку фланцевого з'єднання приведені в таблиці Б.1.

Таблиця Б.1 – результати розрахунку

внутрішній діаметр D , м	0,039
внутрішній діаметр D , м	0,12
діаметр болтового кола D_B , м	0,09
товщина фланця h_f , м	0,025
зовнішній діаметр прокладки D_p , м	0,06
ширина прокладки b , м	0,016
товщина прокладки h , м	0,002

Додаток В
Патенти, які використані в патентному дослідженні

					ЛН41.065342.001 ПЗ	Адж
						103
ЗМН	Адж	№ доквм.	Підпис	Дат		

Додаток Г

Публікації автора

Студента кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв **Турчанінова Дмитра Олеговича.**

1) Апарат повітряного охолодження Турчанінов Д.О., Гулієнко С.В. // Збірник тез доповідей XXIV всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів" (29 квітня 2019 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», –с. 82-83.

2) Апарат повітряного охолодження Турчанінов Д.О., Гулієнко С.В. // Збірник тез доповідей XXII всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів" (23-25 квітня 2018 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», –с. 82-83.

3) Патент № 129661 Україна МПК (2018.01) F28B 1/06 (2006.01), F16L 53/75 (2018.01), F16L 53/75 (2018.01) Апарат повітряного охолодження / Турчанінов Д.О., Гулієнко С.В., Мікульонок І. О., заявник – Турчанінов Д.О., Гулієнко С.В. – № u201804162, заявл. 16.04.2018, опубл. 12.11.2018, бюл. № 21.

					ЛН41.065342.001 ПЗ	Адж
						104
ЗМН	Адж	№ док.ум.	Підпис	Дат		